

现代电子信息系统与技术

封锦昌 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍和论述了在未来现代化战争条件下,由多军兵种组成的多类型军事电子信息系统及其主要技术和关键技术。主要内容有:陆军战术机动综合电子信息系统与技术、未来陆军特殊作战部队指挥控制信息系统技术、战区战役级(联合作战)军事电子信息系统技术、多军兵种军事电子信息系统与技术、军事电子信息系统的软件技术、军事电子信息系统基础支持和共性技术、军事电子信息系统主要关键技术、系统质量保证与可靠性设计技术等。

本书可供从事各种军事电子信息系统的工程设计和技术人员、指挥自动化院校师生、部队相关指挥管理人员、参谋人员和使用人员参考。对从事其他军事电子信息系统工作的相关人员及民用电子信息系统工程设计人员也有启迪。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

现代电子信息系统与技术 / 封锦昌编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.11
ISBN 978-7-121-07256-7

I. 现… II. 封… III. ① 军事—电子系统: 信息系统 ② 军事技术: 电子技术 IV. E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 124515 号

责任编辑: 竺南直

印 刷:

装 订:

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 850×1 168 1/32 印张: 15.125 字数: 436 千字

印 次: 2008 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

序

信息技术的蓬勃发展正在改变全球范围内信息搜集、传送、处理和应用信息的能力，对强化军事优势具有重要意义，但只有综合运用这些技术才能使军事能力真正获得大幅度提高。衡量电子信息系统性能的关键是综合化能力，而不再是个别技术指标的先进性。

随着时间的推移和技术的进步，人们的认识也在不断地变化和提高。美国国防部正在为打造网络中心部队而进行军事转型，从信息的角度看，军事转型体现在建立一个动态而便捷的全球信息栅格（GIG），使美国国防部能够充分发挥信息与协同能力。美国国防部于 2007 年 6 月发布了 GIG 体系结构设想，其副标题（以网络为中心、面向服务的国防部全局体系结构设想 1.0 版本）正确地反映了设想的要点。这个报告对 GIG 作了新的描述：“GIG 包含信息能力——信息、信息技术（IT）、相关的人和程序以支持国防部人员与组织实现其使命和任务，促成国防部和非国防部的使命伙伴接入、交换与应用信息和服务。GIG 的主要功能是支持和促成国防部的使命功能和军事行动。”比较清楚地定义了“信息能力”的内涵。

军事综合电子信息系统和技术正在发展和进步，各种观点和提法的不同也在所难免，但通过融合会越来越完善。

作者在多年从事军事电子信息系统实践和参阅大量文献资料的基础上撰写了本书。内容丰富，知识面宽，可供从事电子信息系统技术和管理的不同类型、不同层次读者阅读、参考和探讨。

中国工程院院士

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Song Zhiqiang, the Chinese Academy of Engineering Academician mentioned in the text above.

2008 年 10 月 24 日

前 言

21 世纪人类将全面进入信息时代。信息将是社会生产力、可持续发展和军事竞争力的重要因素。经济发展与战争胜败的关键依赖于信息的获取和信息的利用。信息技术的发展在带动产业革命的同时，也带动了深刻的军事革命。核威慑条件下的信息化战争已逐渐成为主宰 21 世纪战场的主要战争形态。以争夺信息优势为目标的信息战也将成为支配未来战场新的作战形式。以美国为首的多国部队在 20 世纪末到 21 世纪初发动的几场战争，拉开了信息化战争的序幕。信息化战争正在改变着军队的作战理论、武器装备、编制体制与教育训练。许多国家和地区都非常重视军事信息系统技术研究和建设工作，制定了面向 21 世纪、以打赢信息化战争为重要目标的军队建设规划，加速信息装备建设，以增强信息作战能力。

未来信息化条件下，战斗与战役、战争间的联系将更加紧密，战术也越来越多地显现出战略化的趋向。信息化战争淡化了战略、战役、战术目标打击的优先次序。武器系统的发展已使战术兵团和部队具备了在整个空间实施连续不断打击的能力。同时，先进的探测系统和信息技术能适时地提供战场的详细情况，指挥周期也大大缩短。因此，同时运用多种打击兵器和手段，从前沿到纵深、从地面到空中、从陆地到海上，对敌方的整体作战结构实施打击，全面瓦解和动摇敌方的作战体系，成为信息化战争条件下战术行动的一个主要特点。

在这样的形势下，研究信息技术在未来战争中的作用，研究信息化战争武器装备的发展与战场上信息系统的发展规律，探讨军事电子信息系统技术发展与应用显得非常重要和迫切。而且在

未来立体化信息战争中，陆军的信息化特别是陆军战术级的信息化是最基础、最基本、最复杂的，对此研究十分必要，这也是拟写本书的出发点。

本书是作者多年来从事军事电子信息系统特别是从事陆军战役、战术电子信息系统开发研究及工程实践的总结提炼。

书中首先介绍了未来战争特点及国际军事电子信息系统特别是陆军战术电子信息系统发展情况。接着对陆军战术机动综合电子信息系统与技术、陆军特殊作战部队指挥控制信息系统技术、战区战役级（联合作战）军事电子信息系统与技术、多军兵种军事电子信息系统技术、军事电子信息系统的软件技术、军事电子信息系统的基础支持和共性技术、军事电子信息系统主要关键技术（如系统综合集成技术、信息融合技术、通信技术、决策支持技术、效能评估技术、复杂电磁环境及技术等）以及系统质量保证与可靠性设计技术等进行了阐述。其中特别对陆军战术机动综合电子信息系统与技术、军事电子信息系统主要关键技术、军事电子信息系统的软件技术及多军兵种军事电子信息系统技术等进行了比较深入地分析论述，这也是本书的特色部分。

本书内容丰富，知识面宽，系统性强，实用性和可读性强。到目前为止，还没有见到国内外如此全面较广泛深入地论述现代军事电子信息系统与技术方面的书籍和资料。它对军事电子信息系统的设计论证、工程研制、软件开发、工程实施、系统评估、质量可靠性设计等具有较高的学术价值和使用价值。对于从事军事指挥管理方面的指挥管理人员和参谋人员、使用人员都有较好的应用价值。同时，对军事指挥院校师生、各军兵种指挥管理部门人员、武警、公安和反恐指挥系统人员及民用相关单位人员都有很好的参考价值。它对丰富陆军战术电子信息系统和军事综合电子信息系统领域、对国防电子科技的发展将起到较好地促进作用。

全书共分十章，其中的一些思想和提法参考了国内外一些同行们的著作和文章（详见参考文献），特别是在软件技术部分的一些内容参考了马林艺等同志编著的“软件工程”较多。本书得到了中国电子科技集团公司第 54 所科技委的支持和关文革、袁斌教授、张佳骥研究员的审阅，尤其是得到了童志鹏院士的指导帮助。在此一并致谢。

限于作者水平和时间的限制，况且军事电子信息系统的理论和工程实践都在不断发展，书中难免有错误和不妥之处，望广大读者指正。

作 者
2008 年 5 月

作者简介：封锦昌，研究员，1967年毕业于哈尔滨工业大学工企电气化自动化专业。工作中曾任研究室主任、专业部主任等职。从1992起享受国家有突出贡献的特殊津贴专家待遇。拟写过数十篇科研技术报告和学术论文并有多篇论文获奖，编写过多部著作和教材。多次负责国防重点工程并任总设计师。获得过国家科技进步一等奖、部省级科技进步一等、二等、三等奖、国防科技奖等多项。曾在国防重点工程试验中荣立过一等功（国家委部级）。受到过国家领导人、中央军委、总参、总装、电子部等有关领导接见和表彰。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 军事电子信息系统发展过程与背景	1
1.1.1 军事电子信息系统的发展过程	1
1.1.2 军事电子信息系统提出的背景	2
1.2 发展军事电子信息系统的需求	5
1.2.1 适应现代化联合作战的需求	5
1.2.2 技术进步的推动	6
1.2.3 经济承受能力的制约	6
1.3 军事电子信息系统和 C ⁴ ISR 系统内涵及关系	7
1.4 军事变革对军事电子信息系统发展的要求	9
1.4.1 电子信息技术正在引发新的军事变革	9
1.4.2 军事变革要求军事电子信息装备技术 有新的突破	10
第 2 章 未来战争特点及国际军事电子信息系统发展情况	21
2.1 现代战争特点和军事电子信息系统的作用	21
2.1.1 现代战争特点	21
2.1.2 军事电子信息系统在现代战争中的作用	23
2.2 国际上国家级和战区军事电子信息系统发展情况	23
2.2.1 国际上军事电子信息系统发展情况	23
2.2.2 美国和俄罗斯军队信息化建设的基本策略	24
2.2.3 美国国家军事电子信息系统发展情况	25
2.2.4 欧洲军队信息化发展情况	27

2.2.5	美俄战区（或区域）综合电子信息系统发展情况	28
2.3	美国等国际发达国家陆军战术信息系统发展情况	33
2.3.1	美国陆军战术指挥控制系统发展情况	33
2.3.2	美军数字化部队和单兵信息系统	40
2.3.3	美军地理信息系统与气象保障系统	45
2.3.4	美国未来作战系统（FCS）	48
2.3.5	法军数字化旅演练网络中心战系统	50
2.3.6	日本军事电子信息系统发展情况	51
2.3.7	印军战术通信系统的发展情况	51
2.4	美军综合电子信息系统的发展趋势	52
2.4.1	概述	52
2.4.2	美军综合电子信息系统共用信息基础设施组成和发展	53
2.4.3	美军电子信息系统发展趋势和特点	59
2.5	中国台湾军事电子信息系统发展状况	60
第3章	陆军战术机动综合电子信息系统与技术	62
3.1	陆军初级战术电子信息系统	62
3.1.1	基本工作流程和原理	62
3.1.2	特点与使命	62
3.1.3	系统主要组成和配置类型	64
3.1.4	系统完成的主要功能	65
3.2	合成集团军野战机动综合电子信息系统组成与轮廓	67
3.2.1	系统中功能分系统的划分	67
3.2.2	系统物理组成和功能	69
3.3	合成集团军野战机动综合电子信息系统设计中应遵循的原则和总体要求	73

3.3.1	系统设计中应遵循的原则	73
3.3.2	系统总体要求	74
3.4	合成集团军野战机动综合电子信息系统分系统	
	轮廓和功能特点	77
3.4.1	指挥（所）控制分系统轮廓和功能特点	77
3.4.2	火力支援分系统的轮廓和功能特点	78
3.4.3	电子战分系统的轮廓和功能特点	80
3.4.4	野战防空分系统的轮廓和功能特点	83
3.4.5	战场情报侦察分系统的轮廓和功能特点	84
3.4.6	野战综合通信分系统的轮廓和功能特点	84
3.4.7	合成集团军后勤支援信息保障分系统	
	轮廓及功能特点	86
3.4.8	气象、测绘、工、化（核、生、化）信息	
	保障分系统轮廓及主要功能	87
3.5	合成集团军野战机动综合电子信息系统主要技术	89
3.5.1	系统总体主要技术	89
3.5.2	分系统主要技术	90
第 4 章	陆军特种作战部队指挥控制信息系统技术	94
4.1	未来陆军特种作战数字化部队指挥控制信息系统技术	94
4.1.1	概述	94
4.1.2	系统应体现的原则	94
4.1.3	系统应满足的功能和要求	95
4.1.4	系统组成	98
4.1.5	系统涉及的主要关键技术	100
4.2	陆军一体化实时战场态势感知数字化战斗指挥系统	101
4.2.1	系统概述	101

4.2.2	系统构成和功能	103
4.2.3	系统应用及前景	105
4.3	以陆军为主体的应急机动作战指挥控制信息系统	106
4.3.1	建设应急机动作战指挥控制信息系统的需求 ..	106
4.3.2	陆军应急机动作战部队的任务使命	108
4.3.3	应急机动机械化合成步兵师指挥系统组成	109
4.3.4	应急机动摩托化步兵师指挥系统组成	109
4.3.5	应急机动指挥控制系统应能实现的主要 功能和要求	110
第 5 章	战区战役级（联合作战）军事电子信息系统	113
5.1	战区战役级（联合作战）军事电子信息系统功能 组成和指标类型	113
5.1.1	战区战役级（联合作战）军事电子信息系统 的功能	113
5.1.2	各功能分系统组成	115
5.1.3	系统的主要指标类型	119
5.2	战区战役级（联合作战）军事信息系统的 物理分系统	120
5.3	战区战役级（联合作战）军事电子信息系统 的技术分系统	122
5.4	引入信息栅格技术的战区战役级电子信息系统	125
第 6 章	多军兵种军事电子信息系统技术	127
6.1	海、空、天信息力量是陆军信息化作战能力 新的增长点	127
6.1.1	海、空、天信息力量是陆军信息化作战的 重要组成部分	127

6.1.2	陆军信息化作战必须有强大的空间 信息作保障	127
6.1.3	陆军空间信息作战力量的分类和发展	128
6.1.4	海上信息作战力量是陆军信息作战力量 的重要补充	129
6.2	以网络为中心的军事电子信息系统及技术	129
6.2.1	以网络为中心的军事电子信息系统	129
6.2.2	空间军事电子信息系统主要应用技术	129
6.2.3	空军军事电子信息系统相关应用技术	134
6.2.4	海军作战指挥信息系统	143
6.2.5	导弹部队作战指挥信息系统	146
6.2.6	海军陆战队作战指挥信息系统	147
6.2.7	军事信息系统的网络瞄准技术及其应用	149
6.3	多军兵种综合信息系统的信息栅格技术和 网络中心战技术	153
6.3.1	多军兵种综合信息系统的信息栅格技术	153
6.3.2	多军兵种综合信息系统的网络中心战技术	158
6.4	多军兵种综合信息系统相关战术数据链的组织运用 ..	163
6.4.1	建立分布式情报链, 实现战场各种态势 信息实时共享	163
6.4.2	建立跨越式指控链, 实现指控过程与信息 系统的融合	165
6.4.3	多军兵种综合信息系统与战器系统战术 数据链运用	166
6.4.4	建立贯通式协同链, 增强协同作战能力	167
6.4.5	建立动态式保障链, 增强物资器材保障水平	168

第 7 章 军事电子信息系统的软件技术	169
7.1 系统软件工程化	169
7.1.1 “软件工程化” 含义	169
7.1.2 软件开发方法	170
7.1.3 软件开发过程和软件开发过程控制	172
7.1.4 软件开发过程阶段划分和应完成的主要工作	173
7.2 软件工程开发特点及开发模型技术	177
7.2.1 软件工程实施的基本宗旨	177
7.2.2 衡量软件工程成功的指标	177
7.2.3 传统软件工程与面向对象软件工程开发 方法特点	178
7.2.4 软件工程过程	180
7.2.5 软件生命周期	181
7.2.6 软件开发模型	185
7.2.7 软件项目管理	185
7.3 软件需求技术	186
7.3.1 软件需求概述	186
7.3.2 软件需求分析的任务	186
7.3.3 软件系统需求分类	186
7.3.4 获取软件需求的方法	188
7.3.5 软件需求工程步骤	190
7.3.6 系统模型	193
7.3.7 软件需求与软件原型	199
7.3.8 软件需求说明书	203
7.4 传统方法的软件设计	205
7.4.1 软件设计的基本概念	205

7.4.2	软件设计的原则	206
7.4.3	软件概要设计	212
7.4.4	软件详细设计	215
7.4.5	软件设计规格说明书与设计评审	216
7.5	面向对象的软件开发方法及设计	218
7.5.1	面向对象的基本概念	218
7.5.2	面向对象软件开发方法优点	221
7.5.3	面向对象建模	222
7.5.4	面向对象分析过程	224
7.5.5	面向对象的软件设计	226
7.6	软件测试技术	235
7.6.1	软件测试的概念与原则	235
7.6.2	软件测试目标	239
7.6.3	软件测试策略	240
7.6.4	面向对象的软件测试	243
7.6.5	测试计划和测试分析报告	248
7.7	软件维护和软件重用技术	249
7.7.1	软件维护技术	249
7.7.2	软件重用技术	254
7.8	软件项目管理技术	255
7.8.1	概述	255
7.8.2	软件项目计划	256
7.8.3	软件项目管理	258
7.8.4	软件质量管理	259
7.8.5	软件过程改进	262
7.9	系统的应用软件模块化技术	262

7.9.1	系统的模块化组合应用技术	262
7.9.2	应用软件模块化技术	265
第 8 章 军事电子信息系统的基础支持和共性技术		269
8.1	电子信息系统的参考模型	269
8.1.1	OSE 参考模型	269
8.1.2	技术参考模型 (TRM)	274
8.1.3	DoD 技术参考模型	276
8.2	公用操作环境 (COE)	279
8.2.1	COE 的开发	279
8.2.2	COE 的特点	279
8.2.3	COE 的版本	280
8.2.4	COE 的定义	280
8.2.5	DII COE 的概念	281
8.2.6	COE 的体系结构	283
8.3	信息系统互操作等级 (LISI)	290
8.3.1	概述	290
8.3.2	LISI 各要素	291
8.4	DGSA 安全管理	292
8.5	通用信息处理平台及选择	298
8.6	网络、文电、图形、数据库技术	301
8.6.1	通信网络系统技术	301
8.6.2	文电处理系统技术	303
8.6.3	图形图像系统技术	304
8.6.4	数据库系统技术	307
8.6.5	多媒体与视频会议系统技术	309
8.7	系统监控技术	310

8.7.1	系统监控	310
8.7.2	定时、定位	310
8.7.3	系统监控软件	311
8.8	系统安全保密技术	311
8.8.1	信息系统中的安全保密技术	311
8.8.2	电子信息系统的保密	312
8.8.3	系统的网络攻防和新的信息对抗技术	313
8.9	军事电子信息系统的装载车辆配置与装车集成 设计技术	314
8.9.1	电子信息系统的装载车辆和设备配置 结构设计	314
8.9.2	电子信息系统的装车集成设计技术	316
8.10	系统的供电保障设计技术	319
8.10.1	电源保障系统的要求和特点	319
8.10.2	车载机动系统的电源保障	320
第 9 章	军事电子信息化系统的主要关键技术	324
9.1	系统总体技术	324
9.1.1	系统体系结构	324
9.1.2	系统指标体系	327
9.1.3	系统需求分析研究	328
9.1.4	系统的互通性技术	329
9.2	信息系统中的决策支持应用技术	330
9.2.1	军事决策支持系统发展情况	330
9.2.2	军事决策支持系统的职能、组成和决策过程	332
9.2.3	军事决策支持系统的开发方法	333
9.2.4	军事决策支持系统开发设计中注意的问题	334

9.2.5	决策支持专家系统发展方向与关键技术	335
9.3	信息系统的效能评估应用技术	338
9.3.1	概述	338
9.3.2	信息系统效能评估方法	340
9.3.3	通信对抗系统干扰效能评估	344
9.3.4	信息网络对抗系统的效能评估	347
9.4	适应陆军野战机动综合信息系统的机敏性、 抗毁性、生存性技术	350
9.5	信息系统的综合集成技术	353
9.5.1	信息系统集成的内涵	353
9.5.2	信息系统的集成需求和系统集成要 解决的问题	356
9.5.3	信息系统集成的原则	357
9.5.4	信息系统集成的层次	358
9.5.5	信息系统综合集成的分步实施	361
9.5.6	加强军事电子信息系统集成的理论和关键 技术研究	364
9.5.7	Web 服务在军事电子信息系统集成中的应用 ...	369
9.6	信息系统中的数据融合技术	371
9.6.1	信息融合基本概念	371
9.6.2	信息融合与信息集成关系	372
9.6.3	信息融合技术及其应用	375
9.6.4	信息融合系统结构分析与信息融合功能	378
9.7	信息系统中的数据仓库和数据挖掘技术	380
9.7.1	概述	380
9.7.2	数据仓库的概念与特征	381
9.7.3	数据仓库与数据库的关系及差异	382

9.7.4	数据仓库的组成、体系结构和相关工具	383
9.7.5	与数据仓库相关的数据挖掘技术	385
9.8	满足未来机动作战的通信系统技术	388
9.8.1	未来机动作战对通信系统的要求	388
9.8.2	未来机动作战中多种无线通信手段和 技术的融合运用	390
9.8.3	未来机动作战中战术通信网络管理技术	397
9.8.4	未来机动作战中的军用认知无线电及其 关键技术	402
9.8.5	未来机动作战中指控与通信计算机终端技术	405
9.8.6	软件通信体系结构 (SCA) 和未来战术通信 系统技术	410
9.9	机动指挥控制信息系统中的通信稳定平台应用技术 ..	413
9.9.1	概述	413
9.9.2	本机陀螺稳定在机动指挥控制信息系统 中的应用	414
9.9.3	调平和跟踪环路	414
9.9.4	压电晶体速率陀螺稳定平台系统应用技术	415
9.10	系统中的战术数据链应用技术	417
9.10.1	概述	417
9.10.2	数据链路的内涵	419
9.10.3	战术数据链的构成	422
9.10.4	数据链路的组成和功能	423
9.10.5	数据链路的基本工作方式	424
9.10.6	数据链路技术在战术综合电子信息 系统中的应用	425

9.11	信息化战争条件下的复杂电磁环境及技术	427
9.11.1	电磁技术与电磁防护	427
9.11.2	复杂电磁环境分析与技术	428
9.12	战场电磁频谱实时管理及电磁兼容性设计	431
9.12.1	概述	431
9.12.2	电磁频谱资源的国际组织和频谱管理 的军事应用	431
9.12.3	战场频谱管理系统	433
9.12.4	战场电磁频谱实时管理系统功能和管理过程	437
9.12.5	多频谱资源综合利用和战场自动化 实时频谱管理技术	438
9.12.6	战场频谱管理发展趋势	439
9.12.7	电磁干扰和电磁兼容性	440
9.12.8	系统和设备的电磁兼容性设计与防电磁 泄露设计	443
第 10 章	系统质量保证与可靠性设计技术	447
10.1	系统质量保证和标准化要求	447
10.1.1	概述	447
10.1.2	质量保证	448
10.1.3	标准化	450
10.2	系统可靠性及其计算方法	452
10.2.1	系统中硬件可靠性	452
10.2.2	工程研制中的可靠性措施	453
10.2.3	工程研制中软件可靠性的考虑	454
参考文献		458

第 1 章 概 述

1.1 军事电子信息系统发展过程与背景

1.1.1 军事电子信息系统的发展过程

信息革命在带动产业革命的同时也带动了军事革命,使得军事技术、武器装备、作战思想、作战方式、战争形态、军事原则、军事条令与部队编成等都发生了深刻的变化。如果说工业社会是热兵器时代,那么信息社会则是信息兵器时代。信息、信息系统与信息化平台、武器与弹药成为战场上的主战兵器。信息优势成为传统的陆地、海洋、空中、空间优势以外的新的争夺领域,并深刻地制约着传统领域的战争胜负,从而构成信息化战争的新形态。在这种战争中,战争胜负决定于敌对双方掌握信息与信息技术利用的广度与深度。信息不仅是兵力倍增器,而且它本身就是武器和目标,是双方必争的制高点。20 世纪 90 年代初的海湾战争,开启了空间战、网络战、信息战的作战方式。

军事电子信息系统是逐步发展的。

20 世纪 60 年代出现了指挥、控制、通信——C³ 系统的概念;

20 世纪 70 年代把 C³ 和情报 (I) 综合在一起,组成 C³I 系统;

20 世纪 80 年代末、90 年代初出现了 C⁴I 的概念,即将计算机 (C) 综合进了 C³I 系统,称为 C⁴I 系统,即指挥 (Command)、控制 (Control)、通信 (Communication)、计算机 (Computer) 和情报 (Intelligence) 系统。

美国在 1995 财年的《国防报告》中又首次论述了综合 C⁴I 体系,

简写为 IC⁴I。综合（Integration）是将两个或两个以上的类似产品，如独立系统的单元、部件、模块、程序、数据库或其他实体，连接到一起而形成新产品，这个新产品不仅可以替代两个或两个以上的能力较弱的类似实体（产品），而且能在一个框架或体系结构中以无缝方式运行。1995 财年的《国防报告》还指出：“为了迎接新的安全时代的挑战，必须制定新的政策，建立更广泛综合的 C⁴I 系统。这一新的系统把传统的指挥、控制、通信、计算机和情报的范围扩大到反情报、共同信息管理和信息战领域。

1997 年美国国防部财政年度报告又把监视（S）和侦察（R）综合进了 C⁴I 系统，称为综合 C⁴ISR 系统。

后来有人又将互操作性、信息、协调、信息战、反情报等因素的部分综合进去，有的把综合的 C⁴I 体系结构系统同传感器系统和武器系统连接起来，形成多种形式的军事电子信息系统，使军事电子信息系统的内涵不断扩展。这些概念的逐步结合和扩展反映了信息系统综合集成的发展过程。随着时间的推移和认识的不断深化，后来中国一些专家学者提出了综合电子信息系统这个名称。这个提法比其他提法更进了一步，比较科学、全面、严谨，比较切合实际和易于理解应用。

1.1.2 军事电子信息系统提出的背景

海湾战争之前，由于体制和技术的原因，世界各国早期的指挥自动化系统大部分是由不同的部门负责的，通过不同渠道的财政拨款，列入不同的计划，由不同的承包商研究、设计和建造，用以解决不同领域的特定需求。比如当时美国的军事信息系统都是由各军兵种独立建设的，而各军兵种内部的各种信息系统，诸如指挥系统、控制系统、通信系统、情报系统、侦察系统、探测系统、导航定位系统、电子战系统等也都是独立建设的。这样分散地、各自独立地建设，造成大量的重复，耗资巨大，纵向指挥层次过多，效能非常

低。由于它们都是互相独立的专用或专有的系统，因此互通、互操作、共用能力差，难以适应迅速变化的战斗任务和联合作战的要求。人们常将这种电子信息系统称为“烟囱式”的系统。所谓“烟囱式”的系统是指本身是一个复杂的系统，相互间在低层次互不联系，只能通过总部级才能实现信息交换的独立的系统。

海湾战争后，美军对已有的烟囱式电子信息系统进行了认真的研究和总结，认为这种系统不能适应现代化战争的需要，主要有以下缺陷：

（1）三军指挥自动化系统不能互连、互通

海湾战争实践证明，各个军兵种独立研制的指挥自动化系统虽然在本军兵种内能够互通，但在不同军兵种之间不能互通。例如，美国海军航母上缺少能与空军作战管理中心对接的通信设备，不能实时接收作战计划，不得不用人工传递作战计划，延长了协同作战的时间。同时，空中和地面部队之间传递有关部队位置和行动的战术通信能力不足，使地面和空中部队之间的协调一直受到影响。

（2）系统综合能力差，不能提供准确的情报和作战毁伤评估

海湾战争的实践还证明，当时在役的每个系统只发挥了部分功能，综合能力差，导致在战争中缺乏对战场毁伤评估的统一标准，提供的信息相互矛盾。而作战毁伤评估对于测定攻击效果、制定后续攻击计划、评估敌方继续作战能力又极为关键。造成这种状况的原因之一是过分依赖卫星所提供的情报信息，而未充分利用遥控飞行器等其他手段提供的信息。因此，在空中作战阶段提供目标图像情报和有关任务执行情况的情报往往不及时、不准确，远不能满足空中攻击的需要。据报道，在一个空军中队执行的 1 千多架次飞行任务中，只有 4 次得到了申请的图像情报资料。由于提供的情报不及时、不准确，对伊拉克军队的许多地面目标的攻击不得不反复实施，有的多达 10 余次，甚至伴有使用精确制导炸弹对已经摧毁的目标进行多次攻击的情况。

(3) 预警探测、指挥控制、情报处理速度太慢

海湾战争时期在役的指挥自动化系统处理情报的速度太慢，延误了作战时机。例如，“飞毛腿”导弹的飞行时间一般为 5~7 分钟，预警探测系统必须在很短的时间内判断，确认该物体是否为来袭导弹，并给出它的飞行方向，而后通过电话或计算机网络向战区发送警报。但是海湾战争初期，探测识别“飞毛腿”导弹发射的时间及情报处理与传递的时间很长，留给“爱国者”导弹预警“飞毛腿”导弹的时间只剩下几十秒钟，延误了作战时机。后来，美国改进了信息获取和传输系统，卫星具备了与“爱国者”导弹系统的近实时联通，使得探测“飞毛腿”导弹发射和预警时间大大缩短（原来需要 4.5~6 分钟，后来缩短到 2~4 分钟），并提高了预报落点的准确性。开始，只能向以色列、沙特全国发出预报，预报的范围太大，不利于防空。经改进后可把预警区缩小到 30 公里×25 公里，相当于一个装甲师的范围。

(4) 综合识别能力不够

系统的综合能力差还反映在战斗识别能力不足方面。空战和地面战中都遇到敌我识别能力不足的问题。由于机载的中、远距离导弹得到广泛应用，敌我识别器的作用距离至少要大于 30 公里，而目前只能达到 20 公里。在美军的伤亡人数中，友方火力造成 35 人死亡和 72 人受伤；英军第一装甲师有 17 人阵亡，8 辆军车被毁，其中只有 1 人死于敌方火力，其余皆为友方火力所致。由于夜间空战的比例大且使用了超视距武器，美军不得不制定更严格的交战原则，这样一来便限制了某些武器系统的作战使用。为了克服能见度低并保障装甲部队夜间连续作战使用，不得不使用“防误伤识别装置”。但是，战争的快节奏使美军来不及向战区运送足够数量的“防误伤识别装置”。

近来，战斗识别能力从较好到最差的顺序为：空对空，水面和地面对空，地面对地面，空对水面和地面。战斗识别是应用多种系统和技术的一种综合能力。用单一系统提供战斗识别的方法在技术

上是不可行的,在经济上是负担不起的。美国“陆军战场战斗识别系统”将包含在地面战长期“作战识别”解决方案的研究与演示中。在空中,美国国防部正在与北约合作为“12种标志敌我识别”系统研制一种新的方案。如果证明费效比合理,将予以实施。

(5) 采购、使用、维护和改进费用比较高,经济上难以承受

以1996年为例,美军用于指挥、控制、通信和计算机的经费为234亿美元,占该财年总军费2460亿美元的9.5%。每年用于C⁴I系统的使用和维护费约为98亿美元,用于C⁴I军事人员的费用约41亿美元,两项合计139亿美元。约占C⁴I年度经费的59.4%,占总国防经费的5.65%,对当时的美国来说也不是一个很小的数目。

1.2 发展军事电子信息系统的需求

1.2.1 适应现代化联合作战的需求

打赢现代化战争要求联合作战,而且应急时间大大缩短,要求反应更快、自动化程度更高,能使从探测器到射击武器之间的信息通信一体化,减少人的介入,并能与其他军兵种甚至盟国军队互通。现代作战需要一幅精确的、多探测器融为一体的作战空间图像,以便进行纵向和横向协调,有序地执行联合作战任务。

现在,电磁是除空中、空间、陆地、海洋之外的第五类战场,信息的占有和利用将成为战争胜利的重要因素。信息不仅是传统战争中军事力量的倍增器和支持主要武器协同的附属品,已上升成为战争的武器或目标。信息优势已成为未来高技术战争的制高点和争夺的焦点。没有信息优势就无法获得联合作战的能力。信息优势不仅提供收集、处理和分发不间断信息流的能力,同时还要利用或阻止敌人有这样做的能力。信息优势包括对战场空间中敌方和友方部队态势与意图的深入透彻的了解。信息优势是当代军事革命的基础。

础,武器系统信息化和信息系统武器化是信息时代的必然趋势。综合电子信息系统的战略设想是给部队提供能够产生、利用和共享支持与夺取每次任务成功所必须的信息。当前,军事领域的革命集中在改进、增强联合作战所需的信息和指挥控制能力方面。像其他作战行动一样,信息战需要情报、监视与侦察、气象、精确导航与定位、战场摄影、指挥控制等的综合支持。因此,发展指挥、控制、通信、计算机、情报、监视、侦察和信息战能力及其综合效能,才能赢得信息时代战争的胜利。

1.2.2 技术进步的推动

计算机、处理器和判定工具等方面信息技术突飞猛进的发展,创造了一个新的环境,这个新环境将对军事行动的指挥方法赋予新的含义。信息技术的发展,缩短了信息收集到使用所花费的时间,使作战人员能够及时了解战斗形势的发展并掌握战场空间信息。这一切创造了能实施更有效、更具战斗力、更能协同作战等军事行动的条件。数据处理的速度和体系结构技术的巨大进步,导致用户希望在提高质量和能力的同时,引入新的技术能力。为了压制敌人,更希望继续尽快地部署具有最新技术的系统。

1.2.3 经济承受能力的制约

冷战结束前后,作为国防科技新的战略,技术领先虽然仍是美国国防科技战略的重点,但不再是唯一的,经济可承受能力亦上升为战略重点。因此,经济可承受性成为技术开发和设计的一个关键指标。 C^4I 系统的经济问题也成为研究考虑的重点之一。20世纪90年代初,美国国防预算明显减少。例如,美国国防部1985~1996各财年国防预算按不变美元计,从4022亿美元下降到2460亿美元,即实际下降35%。开发复杂的软件系统的费用很昂贵,保持战斗力

状态的人力费用也在增加，这些都对采购部门带来了巨大压力。因而，从经济承受性考虑，就必须想方设法降低各项费用，寻找能够降低费用又能保持指挥控制能力的发展途径。一体化 C⁴I 系统的提出是适时的、科学的，通过将独立的“烟囱”式系统改造成综合信息系统，将明显节约经费。如美军在太平洋地区一年就可节省 1800 万美元；在大西洋地区一年可节省 1200 万美元。

1.3 军事电子信息系统和C⁴ISR系统内涵及关系

20 世纪 90 年代中期，中国在总结了自己军事电子信息系统发展的模式和经验后，提出了综合电子信息系统的发展模式。所谓综合电子信息系统是为增强打赢信息化战争的能力和整体作战效能，将指挥控制、情报侦察、预警探测、通信和电子战等多种军事电子信息系统进行多层次、大范围综合集成而形成的军事电子信息系统体系。利用综合电子信息系统将实现战略战术系统、多军兵种信息系统、武器与指挥系统、指挥和电子战系统等多个系统的综合化。

大约从 1989 年开始，美国国防部对其“烟囱”式的指挥自动化系统进行改革，并在 1995 财年的《国防报告》中又首次论述了综合 C⁴I 体系。

美军随后研究得出，航天系统在每次危机和冲突中都发挥了重要作用。天基导航、气象信息、通信、侦察和监视为军队的部署提供了至关重要的支援。当代和未来空中与空间力量的特点，以及它们在未来战争中中心地位的关键是全球意识、全球到达和全球能力。全球意识意味着提供日益精确和及时的信息；全球到达意味着能够进行各种任务的范围和响应，从平时的交战到整个全球战场空间的作战；全球能力将更多地运用精确和特殊力量，它将允许非对称响应，并能利用全球意识提供的战争中的信息优势以及全球到达提供的基于信息学计划与执行控制。这表明，获得信息

优势必须将信息技术和航天技术结合。因此,1997 财年之后美军将监视 (Surveillance) 和侦察 (Reconnaissance) 与 C⁴I 系统合并,简写为 C⁴ISR 系统 (指挥、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察之简称)。后来又提出 C⁴ISR/IW, 它由以下六部分组成。

(1) 鲁棒的多探测器、多传感器信息栅格网络。它可以提供作战空间态势感知的优势。

(2) 联合的通信、导航与定位综合通信栅格网络。它是提供可靠、安全、大容量、抗毁能力和网络管理能力的综合通信网络。该综合通信网能够迅速地向指挥官和部队传递相关信息并满足他们的通信要求。

(3) 先进的指挥控制与作战管理栅格网络。该指挥控制和管理程序及网络能为部队提供作战的先期规划及作战部署,执行作战指挥控制与一体化兵力管理能力。能够使全球部署部队的计划、运动和保障比过去更迅速,比潜在的敌人更快捷、更灵活。

(4) 从探测器到发射器的栅格网络。为联合作战部队提供精确制导武器的动态目标管理、分配与引导,协同作战、一体化防空、快速战斗伤亡评估和动态后续打击的能力。

(5) 信息防护能力。该防护能力可以保护己方信息系统的安全,防护敌方对己方信息、信息网络的干扰和破坏。

(6) 信息进攻能力。该攻击能力能够对敌方的信息系统进行渗透、操纵,或使敌方丧失作战空间感知能力及有效地使用部队的的能力。

这个系统涉及众多先进信息技术的纵向与横向的有机集成。它包括有线与无线及固定和移动通信技术、计算机软件与硬件技术、雷达和光电的有源与无源探测技术、精确导航定位技术、航天航空及测控技术、信息安全与保密技术、电子战技术等横向专业技术的集成。同时也涉及到微电子技术、光子与光电子技术、真空电子技术、压电与传感器技术等先进元器件技术、电子材料技术、电源技术、测试技术、先进制造技术等纵向基础技术的集成。

比较综合电子信息系统和 C⁴ISR/IW 系统的内涵，可以得出二者从功能上看基本相当。但是，在实现这些功能时，美国更强调天基、地基系统一体化，而中国目前则基本上侧重于地基系统。

1.4 军事变革对军事电子信息系统发展的要求

电子信息系统正在网络化，成为全球的基础设施。它不仅是国民经济发展的基础，而且是正在出现的知识经济的基本产业或主导产业。世界上每年生产 7000 亿块集成电路，平均每人 120 块。在未来 20 年内，整个电子信息技术的发展速度将不会低于“摩尔定律”所揭示的速度：即一块芯片上的晶体管数目，大约每隔 18 个月就增加一倍，而且随着 0.18 微米特征尺寸的硅集成电路的投入生产，电子信息系统的性能以每年提高 30% 的速度将继续持续相当长的时间。未来 15 年到 20 年内将会出现有 1 万亿个晶体管的芯片。未来便携式电脑将比今天的电脑强大 1.3 万倍。新摩尔定律揭示：因特网的传输带宽平均每 9 个月翻一番。电子信息技术已成为未来知识经济和新军事变革的主导，继火力、船舶、航空、核武器和航天技术强军、兴装之后，现已进入电子信息技术强军、兴装的新阶段。建立军民结合的电子信息产业是实现每个国家军事电子技术和装备跨越式发展的基础。

1.4.1 电子信息技术正在引发新的军事变革

一场以信息技术为基础、以信息优势为核心、以高技术武器为先导的军事领域的深刻变革正在世界范围内兴起。这场变革发展迅猛，逐步深化，必将对军队的武器装备、体制编成、作战训练及军事理论等方面产生重大而深远的影响，从而根本上改变部队遂行各种军事行动的方法。

军事变革带来了武器装备建设观念的革命性变化。从单纯重视军舰、坦克和飞机在作战中的作用,转向了重视如何观察战场、怎样传递观察到的战场情况、怎样运用能够精确攻击目标的性能优越的制导武器,即从过去只重视作战平台转向了更加重视电子信息技术装备等“承载”信息的“平台”上来。传感器、通信和精确制导武器等技术已经达到前所未有的特别受重视的程度。

提高隐身性、机动性、分布性和更高的作战速度,将是强敌在越来越具有杀伤力的作战空间中采取的作战方式。在信息优势的基础上,美军提出了主宰机动、精确交战、全方位防护和聚焦式后勤等四种新的作战概念,而且其部队正在实施转型。陆军以“力量投送”为纲,加速向全球力量投送型转变;空军以“全球参与”为纲,向空天军转变,组成10支“航空航天远征部队”;海军以“前沿交战、由海向陆”为纲,向以近海对陆作战为重心的“棕色”海军转变。

1.4.2 军事变革要求军事电子信息装备技术有新的突破

技术进步是推动新需求的动力。信息技术的蓬勃发展正在改变全球范围内信息收集、传送、处理和应用信息的能力,对强化军事优势具有重要意义,但只有综合运用这些技术才能使军事能力真正获得大幅度提高。衡量电子信息系统性能的关键是综合一体化能力,而不再是个别技术指标的先进。

军事电子信息系统的“系统集成”已成为新军事变革的着眼点。互操作性、综合化和费效比合理是综合信息系统追求的三大发展目标。以美军军事信息系统为典型代表,出现了功能综合化,多军兵种信息综合化,侦察、通信和导航部分业务卫星化,信息和信息系统数字化、网络化,战场空间透明化,指挥与武器系统计算机化,对抗欺骗化七个新的发展趋势和技术突破。

1. 功能综合化

大系统功能综合化建立在综合思想、理论和方法的基础上,有赖于信息融合技术、共用技术综合、仿真试验床等方面的突破。功能综合化体现在两个方面。一是大系统功能综合化,指挥、控制、通信和情报系统功能向指挥、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察系统功能扩展与综合,并与武器系统交链。系统使战场感知与指挥控制相结合,能够生成优化的作战预案,提高作战的效果;战场感知与武器系统的结合能生成完善的作战评估;指挥控制与武器系统的结合能实现完善的作战资源分配。二是设备功能综合化。它是建立在模块化系统结构理论的突破上。例如,模块化航空电子系统结构理论已将每架飞机的航空电子模块总数减少到 300 个,只有 30 到 40 种不同的类型。到 2010 年左右,至少会出现两个大规模综合化航空电子系统,一个是综合化通信、导航、敌我识别航空电子系统(ICNA),另一个是综合化电子战系统(INEWS)。设备综合化将使资源有冗余度,系统有动态重组能力,可用性提高。

2. 多军兵种信息系统综合化

各军兵种的系统只实现功能综合化,其系统数量仍旧很多,不能实现三军系统互连、互通、互操作,以满足作战要求。因此还必须实现三军系统的一体化。

美国国防部和三军拥有的系统很多,典型系统总计约有 143 个。通过三军系统综合集成,减少数量,最终形成了以国防信息系统网(DISN)为主的全球信息栅格(GIG)和以全球指挥控制系统(GCCS)为主的信息处理平台,以及陆军“创业”系统、海军“哥白尼”系统、空军“地平线”系统等为代表的系统。

国防信息系统网通过网关把各军兵种和各业务局的独立网络

进行综合集成,形成具有抗冲击、保密、顽存、互操作、端到端网络管理、优先序等特点的综合系统。1993年10月,国防信息系统网将空军网、海军网、国防后勤机构共用网、国防数据网、太平洋统一通信网和国防信息系统下属的西班牙与意大利改建网等综合集成在一起。1996年又将国防仿真互联网、金融网、医疗网、巡航导弹网等综合集成在一起。通过这种综合集成将把21000个早期应用软件系统和600个“烟囱”式系统集成起来,对实现综合电子信息系统产生了巨大的推动作用,使系统间的互连、互通、互操作能力得到加强,如图1.1所示。多军兵种综合信息系统综合化包括两个层次:

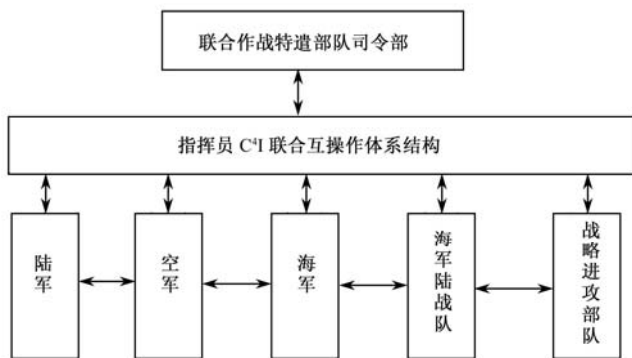


图 1.1 多军兵种信息系统纵横方向综合化示意图

一是战略、战役、战术系统综合化,即通常所说的纵向综合化。典型的例子是美国正在建立的全球指挥控制系统(GCCS)。该系统采用三层客户机/服务器结构,最低层是战术层,中间层是战区 and 区域汇接层,最高层是国家汇接层,从而实现战略与战术系统的综合化,最终将成为可互操作、资源共享、高机动、高生存能力、无缝连接任何一级的系统。

二是不同军兵种系统的综合化,即通常所说的横向一体化,典型的例子是国防信息系统网(DISN),它把独立的空军网、海军网、

国防后勤局共用网、国防数据网、太平洋统一电信网和国防通信系统所属的西班牙与意大利的改建网等集成起来,节省了经费,提高了性能。

美国三军和国防部的系统互连、互通、互操作不仅减少了系统的数量,从 143 个系统过渡到 62 个系统,最后只需保留几个系统。

多军兵种信息系统综合化的实现主要取决于思想观念、指挥体制和系统体系结构与技术体系结构文件的制定及实施。

首先,应当树立打赢未来高技术局部战争必须实现联合指挥与作战,其核心是信息管理的思想观念。

其次,必须打破自成一体,以本部门利益为首要出发点,而不把全局利益放在首位的思想观念和指挥体制。

还有就是必须研究指挥自动化系统体系结构理论,统一体系结构的基本概念,制定阐述以此体系结构视图概念为中心的体系结构构成要素、相互关系、各部分作用的文件。1997 年 12 月 18 日美国国防部颁布的《C⁴ISR 体系结构框架》文件就属于此类高层指导文件。该文件确定,作战体系结构确定作战人员的关系和信息需求;系统体系结构确定系统结构特征,使系统效能满足作战的要求;技术体系结构确定系统实现的技术规则。

必须制定指挥自动化系统联合技术体系结构的文件,统一信息处理,信息传送,信息建模、元数据和信息交换,人/机接口,信息系统安全等指挥自动化系统五个关键方面的标准,使三军系统一体化的实现有章可循。1998 年 3 月,美国国防部颁布的《联合技术体系结构 JTA》文件就属于这类文件,该文件给出由核心要素、域要素和子域要素三层结构组成的联合技术体系结构,域要素包括 C⁴ISR、武器系统、建模与仿真、作战支持四个部分,除建模与仿真外,每个域又分为若干个子域。

3、侦察、通信和导航部分业务卫星化

航天电子信息系统已与 C⁴ISR 系统难以分开,在每次军事行动

中都将发挥重要的支援作用。在北约轰炸南联盟期间,美军有 40 多颗卫星在空中对南联盟进行 24 小时的连续侦察,支援北约的作战。

20 世纪 90 年代初已有 $0.7\text{ 米} \times 0.7\text{ 米}$ 分辨率的合成孔径雷达问世,下一步分辨率的目标是提高到 $0.3\text{ 米} \times 0.3\text{ 米}$ 或更高。

美国空军太空战中心已经证实,向战术飞机驾驶员座舱直接发送从卫星得到的信息,以使驾驶员能测出在飞机视线以外的地对空导弹发射场的位置,并将其摧毁是可能的。

通信卫星已成为军事通信的重要手段,其易被干扰的缺点正在得到克服。例如,在美国国防通信局负责处理的通信业务中,有 95% 的业务是经通信卫星传送的,而战区内和战区间的 75% 通信由国防卫星通信系统提供。美军即将建成的“军用星 (MILSTAR)”卫星通信系统使用 44/20GHz 频段,上行线路采用频分多址和全频带跳频,下行线路采用时分多址和快速跳频,提高了抗干扰能力,降低了被截收的概率。

全球卫星导航定位系统 (GPS) 是 24 颗卫星的组网部署。它为军事、民用和商业用户提供了全天候、全时段、精确的三维导航、定位、定时和速度数据。巡航导弹加装 GPS 制导,中段制导误差由 50 米减小到 10 米;常规炸弹加装 GPS 和尾部制导后,攻击精度由 90 米减小到 12 米;常规炮弹加装 GPS 制导后,杀伤率提高 20%~40%。GPS 已是全天候气象条件下提高精确制导武器系统精度的重要因素。在此领域必将展开激烈的斗争,将形成“导航战”。据美国《国防报告》披露,“导航战”的重点是:“选择最有效的解决方案确保美国对全球定位系统的使用不被中断、阻止敌人使用这一系统、保持全球定位系统在战场以外的和平利用。”美国为防止其 GPS 系统受到对方的干扰已开展多方面的大量研究试验工作。主要有以下方面:用低截获概率的扩频信号传输导航信息;对军用的 P 码加密;P 码独立工作,无需 C/A 码引导;P 码与 C/D 码频率隔离,C/D 码遇干扰时 P 码仍能正常工作;接收机采用自适应调零,对消不同方向来的干扰信号;接收机前端加限幅器,机内加自适应滤波;GPS

与惯导交联等措施。

4. 信息和信息系统数字化、网络化

信息系统已由模拟式向数字式过渡。信息数字化使多种信息的综合成为可能，也易于压缩带宽，便于计算机实时处理，同时能提高抗干扰能力。

网络化使信息流和决策可以按横向进行，不仅能满足逐级、越级、集中、分散和混合等多种指挥方式，而且能够将情报、目标数据同时向各级部队分发。信息系统网络化最终将实现：无论任何人，不管他在何时、何地，都可以方便地、可靠地与其他人进行话音、数据、图形和图像等多种形式的信息联系，达到不间断的全球个人通信。

目前，美国国防部建立的全球信息栅格网，该网将按照战斗员、决策人员和支援人员的需要，将进程与人员结合在一起，用于收集、处理、存储、传播和管理信息的全球互连，提供端到端信息服务的能力集。GIG 包含了军队已经拥有的、租用的通信、计算机和服务，包括软件（含各种应用）、数据、安全服务，以及为了获取信息优势所需要的其他服务。因此，信息系统网络化将能够支持分散在各地的多军种的信息需求，方便各级的信息利用和指挥决策，对军事行动效果产生巨大影响。

作战指挥要求多媒体信息。多媒体技术业务的发展有赖于四个主要技术的突破：复杂的压缩和还原技术；快速实时处理技术；高速传输网络技术；巨量的存储空间技术。数字化和网络化为多媒体业务提供了可行的途径。在近年内，美国的民用光纤网络、设备和协议将能够与国防部卫星与无线传输线路相结合，提供端一端通信。完全综合的多媒体业务、多级保密和分布式保密数据库将用于各种机动平台与指挥中心，其速率达到每秒几百兆比特，将为联合作战指挥员提供与国家主要基础设施互通的快速多媒体通信，响应时间要比敌方的决策周期更短。

5. 战场空间透明化

战场空间感知透明化依靠各种传感器技术的突破,包括成像雷达、红外与激光传感器、极为敏感的微型声学传感器、重量分析接收器、磁性拾音器、化学传感器、有视觉传感器和能窃听电话、拦截电子邮件及雷达信号的微波传感器等。当前,探测器技术的频段扩展到整个电磁频谱,从无线电频率到红外与紫外,灵敏度提高,分辨率增加。高灵敏度雷达能对雷达截面积降低 30 分贝的低可观测目标探测、跟踪、分类和识别。在 21 世纪初,照相侦察卫星的长波红外探测器已达到 100 万像素,CCD 阵列达到 3000 万像素,使侦察卫星的分辨率达到 0.1 米;无人侦察机装备的红外和雷达成像系统的分辨率已达到 0.3 米,代号为“微型星”的无人飞机起飞重量仅为 85 克,飞行距离 5.6 公里,能进行低空侦察、信号干扰、通信中继、目标指示和生化武器探测;大幅度提高的数字信号处理速度(每秒近百亿次运算)和存储器容量(近万兆字节),使雷达成像卫星详查的分辨率达到 0.3 米;集军用探测技术、近实时处理技术和快速分发技术为一体,由 24 或 48 颗卫星组成的全天候、全时段的雷达侦察卫星在作战人员的指示下拍摄特定区域的照片,并在 15 分钟内得到照片信息。24 颗卫星的星座每天能够在 90% 以上的时间覆盖伊拉克和北朝鲜,48 颗卫星的星座能够全天 24 小时都覆盖伊拉克和北朝鲜。这种卫星侦察系统在 2004 年开始签订制造卫星的合同。另据报道,到 2020 年,对空间低轨道和静止轨道上的直径分别为 1 厘米和 10 厘米的目标进行监视。利用先进的传感器,在人类历史上将第一次可在 30 秒钟内,在各种气象条件下(包括透过云层)看清一个 200 公里×200 公里的战场,而且误差只有 10 厘米。对于地面目标的战斗识别,在今后十年内将对所有早期部署的、具有初步战斗识别能力的一线战斗平台进行改造,使战斗识别能力近年达到大于 98% 的准确性。对于空中目标的识别,将能够达到大于 99.9% 的准确性。另据报道,1990 年,侦察系统只能对战场

上的不超过 15%军事目标提供实时、全天候和近似连续的信息，而到 1995 年就达到 20%~30%，1997 年达到 40%，到 2000 年达到 50%，2005 年达到 80%-90%，2010 年则可达到 98%；使战场空间特别透明。

6. 指挥与武器系统计算机化

计算机硬件与集成电路同步发展，更新极快。运算速度大约每 18 个月增加一倍，成本却随之下降。万亿次巨型计算机已投入使用。计算机和通信技术的结合形成了各种规模的计算机网络，已将整个世界置于其覆盖之下。计算机硬件的小型化、软件的适用化、网络的成熟化，推动了计算机在指挥系统和武器系统中大量应用，计算机几乎无处不在。随着计算机网络功能的日益增强和新的发展，创造了空前的机会。在指挥控制系统中，可以进行可信赖的实时作战演习，能训练工作人员掌握更高层次的专业技能，能够创建更有效的指挥自动化系统的结构。通过计算机进行战术决策训练，将有可能使决策准确性提高 40%，并使重要决策所需时间减少 30%。通过计算机可以实现新的设计方法，将能设计制造更好、更经济可行的武器系统。

计算机硬件的价值不会丧失，但是软件的价值将相对增大，其作用日益突出。据美国人估计，指挥、控制、通信、计算机和情报系统的 90%以上的费用以及航空电子系统产品的 80%的功能，都直接归于软件。计算机软件已成为整个武器系统能力的首要决定因素。

7. 信息战威胁日益明显

纵观信息战概念的形成过程和有关定义，我们得出信息战的定义必须包括以下几个基本因素：

一是信息战是信息领域内的作战行动。信息领域包括信息获取和传输所需的电磁频谱、信息处理和储存的计算机网络，利用信息进行的思维和决策。

二是信息战的目的是获取相对于敌方的信息优势，影响其决

策。其目标是产生一种有利的战略态势，使得不需要战斗就能实现国家安全目标，或者是形成一种基于信息的军事优势，如果需要继续战斗的话，将能确保胜利。

三是信息战的作战对象是信息和信息系统。所谓信息是指在任何媒体或以任何形式出现的事实、数据或指示。信息系统是指整个基础设施、组织机构、人员和那些对信息收集、处理、储存、发射、显示、传递和使用等行动的总和。信息系统还包括基于信息的过程在内。基于信息的过程是指使用任何一种媒介或形式进行搜集、分析和传递信息的过程。基于信息的过程存在于军事作战行动的任何一个层面上。

四是信息战的实施要与整个作战计划相适应，并不包括无序的、与整个作战计划不相关的及犯罪的黑客个人行动，不能将信息战片面地看成是纯黑客战。但是，黑客攻击计算机网络所使用的技术有重要的参考价值和重要作用。进攻性信息战主要是以达成的目的和所对付的目标来定义的，而采用何种方式方法达此目的并不十分重要，既可以用传统的各种硬摧毁的办法，也可以采用最先进的计算机攻击的方式。

综合以上几个基本因素，信息战可以表述为：“在军事行动的准备和实施中，以及在非战斗的形势下，为夺取和保持对敌方的信息优势，按照统一意图和计划，在保护己方信息、信息系统的同时，设法影响敌人的信息、信息系统，而在信息领域内实施的作战保密、军事欺骗、心理战、电子战、实体摧毁和计算机网络攻击等多种作战行动。”

攻击军事信息系统的信息战有以下三种主要方式：

第一种方式，攻击探测器，或是降低探测器信息收集的能力，或是向其馈入错误的数据。例如，对雷达实施压制干扰可以降低收集信息的能力；对其实施欺骗干扰可使其获得错误的数据。当前，这种攻击以常规电子战方式实施。

第二种方式，扰乱敌方的战略通信网络，或是扰乱敌方指挥所

与探测器或指挥所与射击武器之间的战术通信链路，或是向它们植入错误的信息。例如，对通信链路实施压制干扰可使其不能正常工作，达到扰乱的目的；但也可通过通信节点植入错误的信息，延长决策周期，甚至把武器导向错误的目标。

第三种方式，扰乱或欺骗计算机和嵌入武器系统的信息处理装备。信息处理装备汇编信息，向指挥决策人员提供信息，并分配特定武器打击不同目标。对防空系统计算机的攻击可以影响计算机的正常工作，或使其超负荷而失灵，最终导致指挥员难以决策。

在 21 世纪，要打赢信息战，只掌握一两种信息战能力是不够的，必须应用以下几种信息战能力形成体系。

一是影响综合分析战场空间的能力。用这种能力可以保护友方全面利用天基、空基、陆基和海基的情报、监视和侦察功能的基础设施、导航系统、信息融合设备、目标确定系统以及实施决策的程序。

二是影响指挥和控制的能力。用这种能力可以保护友方决策人员和指挥人员方便和有效地指挥与控制其部队。

三是影响武器运用的能力。用这种能力可以保护友方的武器、武器平台执行其使命任务时直接使用的信息环节和基础设施。

四是影响军事保障的能力。用这种能力可以保护友方人力资源的有效利用、部队的高效输送、国防工业和采购过程的有效运转以及装备的再补给和后勤保障的信息环境。

五是影响关键民用基础设施的能力。用这种能力可以保护友方协调一致、连续产生和分配不可缺少的商品流与服务流的网络以及网络的运行程序。在上述几个方面，同时要降低敌方同样运作的能力。

在科索沃战争中，美国损失两架 F-117 飞机之后，空军进行了许多信息战活动，通过通信节点，进入南斯拉夫的微波网络，并十分成功地渗入到南斯拉夫防空计算机，插入错误的信息和目标，把计算机系统搞乱，使南斯拉夫军方不能使用其计算机，延长了南联

盟防空系统观察、定向、决策和作战的时间，不能以可靠的方式开火，而只能用一些光学引导的导弹射击，保护了正在实施攻击的北约飞机。攻击使用的装备包括空间的卫星和空中的 EC-130 “罗盘呼叫”与“突击单飞”电子战飞机。

美军对防空系统计算机的攻击从秘而不宣到公开曝光有着深刻的意义，影响巨大。过去，美国大量宣传因特网等公共网络的进攻与防御，并称这种信息战为战略信息战，有关信息战的技术措施也都是围绕防御因特网黑客而展开的。这在客观上使人们对能否攻击战场上的计算机网络特别是武器系统的控制网络产生多种猜测，甚至使相当多的人对此持否定的态度。这次防空系统计算机攻击的亮相打消了人们的疑虑，也透露了攻击战场上计算机网络的可能途径。这是美军对其进攻性信息战行动的第一次曝光，是美军进攻性信息战取得突破的信号，也是信息战威胁日益明显化的重要标志。

第2章 未来战争特点及国际军事 电子信息系统发展情况

2.1 现代战争特点和军事电子信息系统的作用

2.1.1 现代战争特点

(1) 现代战争中,在最后占领敌方阵地或目标点的作战中陆军仍然起着关键性的作用

无论是联合作战还是较小规模的局部战争,特别是在最后占领敌方阵地或目标点的作战中,陆军起着关键性的作用。发展陆军野战机动综合电子信息系统显得十分重要。

(2) 现代战争的战场结构和作战环境立体化

现代战争的作战战场,其作战空间具有多层性和立体性。从陆上、地下、空间(高、中、低)、岛屿、海面到水下都将是作战的战场。作战环境呈现出立体化的特点。

(3) 现代战争中军事信息系统是敌打击的重点

近年来的几次现代化战争表明,指挥控制中心、通信设施、侦察探测阵地等军事信息信息系统都是敌人重点打击的目标,并且军事指挥控制中心更是首当其冲。摧毁了军事信息系统就丧失了制信息权和指挥下达作战命令权,就会使防御和抵抗系统混乱、瘫痪。

(4) 未来战争中各国将极力使自己在军事综合电子信息系统支持下进行以精确制导武器为主的精确作战

在军事综合电子信息系统和 GPS 系统支持下以精确制导武器为主的精确作战能对敌方目标精确定位、识别、监视、跟踪及实施

精确打击，并能对打击目标的效果作出快速判定，决定是否再进行打击。这样既可以减少己方的风险和损失，又可取得好的作战效果。由于美国对 GPS 系统不断改进，目标定位精度会更高，并从对目标探测定位到实施打击其反应时间会更短。

（5）现代战争是以信息技术为基础的高科技较量

在战争中谁具有信息的主动权谁就能取胜。战争的双方要力争夺取信息的获取权、控制权、使用权而进行一系列的对抗。信息的主动权是由一系列高科技支持的 C⁴ISR 系统的运作取得的。

（6）现代化战争前线和后方变得十分模糊

未来战争中很难分清哪里是前线哪里是后方。哪里有需要打击的军事目标与重要经济设施哪里就可能是前方。而且目标也不是固定不变的，因而前方也就不固定，过一段时间另一地方被打击，又变成了前方或前线。

（7）现代战争将以脱离直接接触的快速性、突然性开始

脱离直接接触的战争将不以消灭对方人员和占领领土为主，而是以摧毁对方军事目标和重要经济设施为主。而且往往战争开始阶段一般都将是事先听不到飞机、枪炮声的距打击目标达几千公里的远距离以空袭开始的。这样形式的战争减少了两军面对面交战机会，减少了人员伤亡。在战争开始也往往减少了人们的恐慌感。但这种战争对弱方的损失是相当巨大的。

（8）由信息技术引发的军事革命将导致作战战略上的变化

以往几十年，强国在战略上都是以“核威慑”下对别国的战争。今后很可能出现以“信息伞”威慑下对别国的战争，即强国对弱国张开一把“信息伞”，对弱国情况了如指掌，为所欲为。很可能出现用“信息伞”代替“核威慑”或二者并用来恫吓威胁别国的情况，以达到自己的目的。

（9）网络战将转化成一种独立的作战样式

在未来相当长时间内，世界上不会出现任何一个国家能够单独与美国在战场上较量。许多战争将是不对称战争，作战将是不对称

作战。但美军未必能够处处优于对手的全面技术优势。作战的弱方可能采用特殊的方式对付强者。这些特殊方式包括如机动、伪装欺骗、恐怖活动、打入敌人内部、深挖洞、掩蔽等方式。也可能使用网络对抗方式，即对强国的信息网络系统发动突然性的网络攻击，使其信息网络系统瘫痪而不能发挥作用。或者网络战与其他作战方式配合应用。

2.1.2 军事电子信息系统在现代战争中的作用

近十多年发生的战争，如“沙漠之狐”、“科索沃”战争、阿富汗战争、2003年的伊拉克战争等充分说明军事信息系统在现代战争中的巨大作用：

(1) 战争中美国和北约对伊拉克和南联盟的轰炸首选目标是对方的军事信息系统。

(2) 战争中美国及北约都是用军事信息系统和由军事信息系统支撑的精确制导武器对伊拉克、南联盟实施打击，而且取得了巨大成功。

(3) 战争表明，由于美国有完善的军事信息系统，因此其精确制导武器的打击比较成功。尽管伊拉克有不少能拦截美国精确制导武器的手段（即武器在当时并不落后），但由于伊拉克的军事信息系统不完善，因而被美国打击后处于瘫痪状态，从而造成伊拉克精确制导武器不能有效地防御和进攻，使其损失惨重。

2.2 国际上国家级和战区级军事电子信息系统发展情况

2.2.1 国际上军事电子信息系统发展情况

20世纪90年代初海湾战争以来，全球军队武器装备信息化与

机械化建设相互交织、相互促进发展,推动军队管理体制的深化变革和军队编制结构的调整,重塑军事作战思想和作战理论。军事信息技术不断创新,武器装备信息化建设不断发展,信息化武器装备、军事信息系统和信息网络广泛应用,信息化成为全球军队信息化建设和发展的显著特征,信息化作战和网络化作战成为高技术条件下世界军事强国的主要作战样式,信息化战争和网络中心战成为世界军事强国的主要战争形态,并逐步向陆、海、空、天、电、网络、认知等全维、全域、全时作战方式演进。从“制陆权”、“制海权”、“制空权”发展到“制天权”、“制电磁权”和“制信息权”,使电子战扩展到“全领域、全时域、全空域、能量域”的“制电磁权”斗争。军事信息资源与武器弹药资源、后勤保障资源一样日益成为现代战争无形的作战资源。军事信息系统是信息资源共享利用的主要平台。信息网络将更加普及并日趋融合,信息交流和知识共享将更加便利并日趋高效。战术互联网乃至全球信息栅格(GIG)为信息化作战的“物流”和“能量流”提供了缩短从发现目标到实施精确打击时间。指挥信息系统在指挥控制、情报侦察、预警探测、通信导航、电子对抗、后勤支援等方面的作用日益显著。

2.2.2 美国和俄罗斯军队信息化建设的基本策略

1. 美军信息化建设基本策略

美军认为,建设信息化军队是一项极其艰巨而复杂的军事系统工程,需要提出相应的理论和文件进行通盘筹划和指导,而且必须经过长期不懈的努力才能完成。2000年5月和2001年9月美军又分别推出了以《2020年联合构想》、《四年防务审查报告》为代表的第二代纲领性文件。根据上述两个文件规定的总体框架,各军种又相继制定了适合本军种特点和要求的信息化发展策略,如陆军的《2010年陆军构想》和《后天的陆军》;海军的《后天的海军——对

未来技术的构想》和《2010年海军构想》；空军的《全球作战——21世纪空军构想》和《全球参与——21世纪空军构想》等。这种总目标和分目标相结合的方法，自上而下地将美军装备发展规划纳入一个完整的体系，使其装备信息化建设得以有计划、有步骤地进行。

2. 俄军信息化建设基本策略

为了适应未来军事斗争的需要，防止北约东扩、维护国家安全，俄军高度重视军队信息化建设。在规划军队发展时，始终把提高军队的整体信息化作战能力放在十分重要的位置，形成了适合本国国情的军队信息化建设道路。

首先在政策指导方面，俄罗斯为了推进其军队信息化建设，分阶段出台了有针对性的指导性政策文件。1993年之后，俄罗斯相继提出了《俄罗斯联邦军事学说基本原则》、《2005年前国家武器装备发展计划》。2000年初，普京还签署了《信息战理论》等政策文件。这一系列的指导性政策文件，逐步明确了俄罗斯军队关于信息化建设的主要观点：第一，赢得侦察、监视、目标截获系统以及智能指挥与控制系统等信息化武器装备的优势，将在克敌制胜中起决定性作用；第二，提高信息化作战能力是提高军队作战能力的最有效手段，武器系统要力求信息化、智能化；第三，重点保证C⁴ISR与电子战系统发展；第四，将信息作战优势作为衡量未来军队质量建设的重要指标。这些指导性政策文件的出台，为今后一段时期内俄罗斯军队信息化建设指明了方向。

另外，俄罗斯把理论牵引、技术带动、信息主导、注重太空等也作为俄军信息化建设基本策略。

2.2.3 美国国家军事电子信息系统发展情况

美军已在建设综合信息系统，以代替各军种独立建设的“烟囱式”的信息系统。美国参谋长联席会议提出的武士C⁴I计划为综合

信息系统的发展提出了需求和目标。武士 C⁴I 计划旨在建设四个军种共用的综合 C⁴I 系统及综合信息系统。系统采用了可互操作的网络体系结构,能在任何需要的地方、恰当的时间为指战员提供准确、完整、经融合的实时显示作战空间图像、实时和详细的作战任务以及清晰的敌方目标视图,最有效地发挥作战部队与各级指战员的作用。

美国已建设了国防信息基础结构、全球指挥控制系统与国防信息系统网。

(1) 国防信息基础结构

国防信息基础结构是美国综合电子信息系统的核心。国防信息基础结构由全球指挥控制系统和国防信息系统网中的公用部分所组成。国防信息基础结构将保障综合电子信息系统获得最有效的互操作性。国防信息基础结构具有无缝、全球和标准的端对端的系统结构,并提供信息和数据的传输、处理、存储、操作、连接和显示,向部队提供经计算的、灵活的及承受得起的信息业务。国防信息基础结构是为美国国防部本地和全球信息需求提供服务的计算机、通信、数据、应用、安全、训练和其他支持结构的共用或互连系统,一方面连接国防部的任务支持、指挥、控制和情报的计算机,并通过语音、数据、图像、视频和多媒体等业务与用户连接,另一方面还向国防信息系统网以外的用户提供信息处理和增值业务。

(2) 全球指挥控制系统

全球指挥控制系统是美国综合军事信息系统及国防信息基础结构的重要组成部分——指挥控制部分。全球指挥控制系统将是可互操作的、资源共享的、高度机动的、无缝连接任何一级军事信息系统的、高生存能力的、全球的指挥控制系统。

(3) 国防信息系统网

国防信息系统网是美国国防部(DOD)保证端对端信息传输和增值网络业务的全球通信基础结构。国防信息系统网可满足 DOD 的语音、视频和数据通信全部需求的综合网络业务,国防信息系统

网支持五项主要使命：指挥与控制、情报、事务作业、其他 DOD 使命及非 DOD 使命。国防信息系统网不包括信息的产生和使用。国防信息系统网由以下五部分组成。

① 国防交换网（DSN）为全球或基地之间的远程语音、数据、视频业务交换网。

② 国防数据网（DDN）为 DOD 用户远距离、数据组交换通信业务广域网。

③ 国防文电系统（DMS）为 DOD 内部组织和个人之间提供安全的文电交换业务。

④ 国防商业远程通信网（DCTN）提供全美的远距离语音、数据和视频通信业务（租用系统）。

⑤ 自动数字网（AUTODIN）提供公共用户文电交换业务。

美国的综合电子信息系统正在发展之中，并且提出了全球栅网计划、技术嵌入计划和目标体系结构等。

2.2.4 欧洲军队信息化发展情况

欧洲在 2005 年和 2006 年世界新军事实力前五名荣占三个席位，分别为法国（居美国之后）、俄罗斯（第三名）和英国（第五名）。以法国、俄罗斯、英国、德国和瑞典等为首的欧洲国家目前陆、海、空单件武器装备基本实现了信息化，信息化武器装备占装备总量的二分之一以上，与美军不相上下。目前西方强国大多数武器装备的电子信息技术成本比例已超过 50%。有资料表明，欧洲强国正在加速武器装备信息化建设，即利用信息技术和计算机技术，使预警探测、情报侦察、精确制导、火力打击、指挥控制、通信联络、战场管理等领域的信息采集、融合、处理、传输和显示联网，实现自动化和实时化；正在加快装备各级军事信息系统，即列装信息技术含量高、信息起主导作用的作战武器和保障装备，主要包括

军队的 C⁴ISR 系统、信息化作战平台、智能化弹药、智能机器人、数字化单兵系统等；正在加强各军兵种武器装备一体化程度和互联互通能力；正在加紧建设战略级侦察预警系统，因此作战能力日趋提高。

2.2.5 美俄战区（或区域）综合电子信息系统发展情况

许多国家特别是美国和俄国都把战区（或区域）综合电子信息系统的建设摆到十分重要的地位。

1. 战区综合电子信息系统的组成及主要功能

（1）战区指挥控制系统

战区指挥控制系统有战区作战指挥中心、战区军种作战指挥中心（所）、各军种军级指挥所、各军种战术级——师及师以下指挥所等。

战区作战指挥中心自动化系统其主要功能是：接收、处理、显示和储存来自情报侦察、预警探测、战区信息融合中心和其他有关作战信息并进行融合处理及信息分发；接收上级和友邻部队的指挥命令和协同信息；检查本战区的部队和装备状态；处理紧急突发事件；制订作战计划，计算机辅助决策；作战仿真；确定作战方案；上报作战方案，获准实施；下达作战命令，指挥作战；检查作战效果，总结作战经验和教训。

战区军种作战指挥中心自动化系统包括战区陆军、海军、空军及火箭部队等的作战指挥中心自动化系统。主要功能：接收、处理、显示和储存本军种所需的来自上级、情报侦察、预警探测及战区信息融合中心的各种战役战术信息；计算机辅助决策、作战模拟、制订作战或训练计划；向上级报告及接收上级指示命令；对战区本军种部队的战役战术行动（反飞机、反巡航导弹、反战术弹道导弹的

综合防空、空中突击、海上作战、陆上作战、火箭部队作战等）实施作战和训练指挥；各军种之间的协同作战指挥；评估、总结作战和训练效果。

战区各军种军级指挥中心包括战区陆军、海军、空军及火箭部队军级指挥中心。其主要功能同战区各军种作战指挥中心自动化系统的功能相似。

各军种师级及师以下各级指挥系统包括各军种师级及师以下各级作战指挥所自动化系统。各军兵种的作战功能的差别较大。

（2）战区后勤保障指挥中心自动化系统

主要功能：

- 接收、处理、显示和储存本战区军需、卫生、物资（油料和弹药等）和运输等信息；
- 进行供需计算，制定供需及运输计划；
- 指挥战区本部及各部队后勤部门的后勤保障工作；
- 阶段性总结上报工作。

（3）战区情报侦察系统

该系统包括卫星、空中、海上、地面的各种战役战术侦察设备和系统以及部队侦察等。

主要功能：

- 侦察、接收、处理、显示和存储敌方战役情报信息；
- 接收上级指令及向上级报告工作；
- 向上级、战区各部队、各部门分发各方所需的情报侦察信息；
- 保障情报侦察系统进行战役战术情报侦察工作。

（4）战区预警探测系统

该系统包括星载、机载、舰载、地面雷达和红外等战役战术探测设备及系统。

主要功能：

- 搜索、发现、测量、处理、显示和存储来自敌方的空间、空

中、海上、水下及地面等目标的信息；

- 向上级报告，并向可能袭击地区发出警报；
- 向作战部队提供作战过程中的预警探测实时情报信息；
- 保障预警探测系统完好和协调工作。

(5) 战区电子战系统

组成和功能如下：

- 电子侦察。对敌方空间、空中、海上及陆上信息源实行全频段无线电技术侦察和光学侦察。其中有些侦察信息应与预警探测信息、人员侦察信息进行融合，以获取更加精细的信息。
- 电子进攻。电子进攻包括电子干扰和强电磁脉冲破坏。电子干扰包括干扰各种通信和雷达、干扰武器制导、干扰导航定位（GPS 等）系统等。
- 电子防卫。电子防卫包括电子信息系统抗干扰、反侦察、欺骗及诱饵等。

(6) 战区信息战系统

信息战系统可分为以下三个方面。

- 信息安全系统。
- 信息进攻系统，瓦解和破坏敌方的信息与信息系统及作战能力。
- 信息防卫系统，要求己方的各种电子信息系统能对敌方的信息战攻击，有预警、侦察、定位与反应的能力。

(7) 战区导航系统

该系统包括战区作战行动中的飞行体、舰船、车辆及人员所需的各种导航定位设备和系统。

(8) 战区军用及民用空中交通管制系统

空中交通管制系统主要用于解决各种飞机的空域有效利用和飞行安全问题。在领土较大的国家中，大都分别建设军用和民用空中交通管制系统，互相支持情报。空中交通管制系统和防空系统之

间进行情报交换。

（9）战区信息融合中心

搜集、处理、融合来自战区情报侦察系统、预警探测系统及其他信息源的各种战役战术信息，包括国家信息融合中心的必要信息，形成完整、准确和及时的作战信息，供本战区各级指挥所、各战役战术部队使用，同时将本战区的重要信息上报国家信息融合中心。

（10）战区综合电子信息系统的通信网络

可在原有通信系统的基础上，建设光缆通信、卫星通信、干线网、附以专用的有线通信、微波通信、超短波通信等支线网和战术通信网。重要线路可进行视频传输。尽可能使用民用干线和支线网。要求通信网互相迂回、互为备用、智能管理，以提高战区综合电子信息系统通信网络的可靠性和生存能力。

2. 美国的战区（区域）综合电子信息系统发展情况

美国拥有能与地区性盟国合作、在两场几乎同时发生的大规模地区的冲突中取胜的部队。当地区性冲突发生时，美国可以派出由多军兵种组成的联合特遣部队。联合特遣部队的规模与地区冲突规模和严重程度有关。足以打赢一场大规模地区冲突的联合特遣部队（被称为板块部队）的结构规模为：5个陆军师；10个空军战斗机联队；100多架空军重型轰炸机；4~5个海军航空母舰战斗群；1~2支海军陆战队远征部队；特种作战部队。

美国把武士 C⁴I 计划中的全球指挥控制系统作为所有联合特遣部队的指挥控制系统。全球指挥控制系统适应于低层次联合作战的联合特遣部队的需要，因为全球指挥控制系统允许各级指挥员及士兵进行互操作，易于获取整个作战空间图像及各种所需作战信息，能较充分地发挥作战潜力。美国合成/联合特遣部队与武士 C⁴I 计划要求的完全互操作的系统结构见图 2.1 所示。

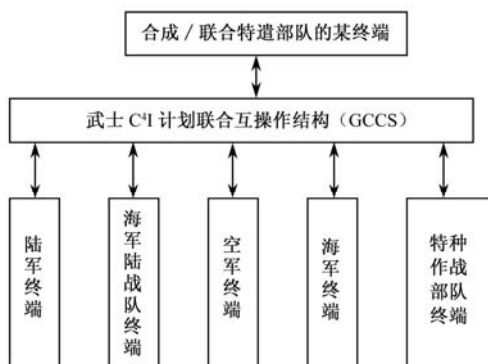


图 2.1 美国合成/联合特遣部队与完全互操作的全球指挥控制系统结构示意图

3. 俄国（原苏联）战区（区域或方面军）综合电子信息系统发展情况

苏联 20 世纪 80 年代建设了方面军综合指挥自动化系统。方面军相当于 1 个军区的规模。方面军横向包括普通陆军、火箭军、炮兵、空军和野战防空军。方面军纵向下属 6 个集团军，每个集团军下属 3~6 个摩步（坦克）师，每个摩步（坦克）师下属 3~6 个摩步（坦克）团，每个摩步（坦克）团下属 3~6 个摩步（坦克）营。方面军、集团军、摩步师、摩步团等各级指挥所都是诸军兵种联合指挥所。这说明俄罗斯方面军早已实现低级联合作战的编制构成，可以实现方面军、集团军、摩步师和摩步团 4 个层次的联合作战。方面军的机动性能较高，方面军和集团军指挥所均采用轮式车辆，师和师以下指挥所均采用履带轻型装甲车辆，有较强的越野能力。为弥补指挥层次过多的不足，采用了可以越级指挥的原则。苏联方面军指挥自动化系统尽管具有一定的综合性质，但与现代的综合 C⁴I 体制相差较大。在现代军事技术革命的推动下，独联体各国的综合指挥自动化系统也正在演变之中。

2.3 美国等国际发达国家陆军战术信息系统发展情况

为了满足高技术条件下现代化作战的需要,必须发展陆军战术信息系统(或称陆军战术指挥控制系统)。陆军战术信息系统是全军和战役战区军事信息系统或综合 C^4ISR (指挥、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察) 系统不可少的有机组成部分。发展和部署陆军战术信息系统对实现无缝通信和指挥及各军兵种协同作战具有重要意义,对掌握作战空间态势、实施快速和精确打击、提高协同作战能力也有重要作用。因此,为了跟上新的军事革命步伐和适应 21 世纪作战的需要,世界一些强国、特别是美国和北约国家都在积极改造现有的陆军战术信息系统,发展和部署先进的新一代陆军战术信息系统。

2.3.1 美国陆军战术指挥控制系统发展情况

陆军战术指挥控制系统是美国陆军的重要发展项目,它使陆军拥有高速战术计算机系统,并提高陆军现有的通信能力。

陆军战术指挥控制系统包括五个独立的指挥控制分系统和三个通信系统。

当系统全部投入使用时,将形成从陆军战术最高指挥官到单兵战壕的作战指挥和控制网络。五个分系统是:机动控制系统(MCS),又称机动系统;前进地域防空指挥控制和情报系统(FAAD C^2I),其主要任务是防空;高级野战炮兵战术数据系统(AFATDS),用于火力支援;全源信息分析系统(ASAS),用于情报/电子战;作战业务支持控制系统,用于战斗勤务支援。

用三个通信系统把这五个分系统互连起来。三个通信系统是:

移动用户设备系统 (MSE); 战斗无线电网系统; 陆军数据分发系统 (ADDS)。

陆军指挥控制系统, 编制从军开始, 通过师、旅、营级向下扩展至排、分队和小分队。

每个指挥控制系统使用于一个或多个陆军兵种。各兵种的指挥控制系统有: 与步兵、装甲兵、航空兵及工兵相关的机动控制系统; 与野战炮兵相关的高级野战炮兵战术数据系统; 与军事情报部门的信息相关的全信息源分析系统; 与财务、医务、军械、军需官以及运输兵相关的战斗勤务控制系统。所有的指挥控制系统都适用于联合兵种编队的指挥官和参谋人员。

在陆军战术指挥控制系统中, 除了移动用户设备、战斗无线电网系统以及陆军数据分发系统三个通信系统外, 五个分系统各有一定的通信要求和解决通信的手段。机动与控制系统是装甲兵、步兵、合成兵种部队的 C^2 实现自动化的一个系统。为了达到快速、简单和统一, 陆军要求无论在形式上或内容上将作战计划的命令实现标准化。

1. 机动控制系统

(1) 机动控制系统组成

机动控制系统是美陆军配属在营至军各级指挥机关的战术计算机系统及其终端的总称, 是一种战术指挥控制系统。它属于美陆军天地一体战的指挥和控制系统的五个组成部分之一。该系统为营至军级指挥官提供计算机辅助决策; 用于收集、处理和传送战场信息、报告、计划和命令; 自动火力控制以及后勤支援。

机动控制系统还是一个军用和非研制项目设备相混合的系统。该系统的研制强调了模块结构和通用性。系统主要的设备有 AN/UYQ-30 战术计算机终端、AN/UYQ-43 (V1) 战术计算机处理机和 AN/UYQ-43 (V2) 分析控制台。

① 战术计算机终端

机动控制系统中的关键节点使用战术计算机终端，形成机动控制系统的主干。该终端完全是军用的、结构紧凑的、通用的数据处理和显示及通信终端。它具有计算、组合、编辑、存档和数据管理能力。他还能通过陆军战术通信设备发送和接收话音及数字报文。操作员在正方形等离子显示面板后面插入区段地图，而后把军用符号叠加在地图上，按标准的陆军地图 1:50000 比例显示，显示区域为每边长 11km 的正方形。

该终端的功能包括：计算、数据输入、报文组合和编辑、确认、处理、存储、编档、数据库管理、显示/打印、传输/接收。其通信是在两个独立的双向端口上进行的。

终端的硬件组成：显示器-键盘处理机、接线盒、磁带记录机、行式打印机（绘图仪）、软磁盘、电源和功率分配模块。

终端软件有十二个主要的功能模块。他们是：操作系统、通信处理程序、打印程序、显示程序、诊断程序、数据库管理系统程序、报文编档程序、图形程序、操作确认程序、数据初始程序、文本编辑程序、报文记录程序等。

② 战术计算机处理机

在机动控制系统中不太重要的节点使用战术计算机处理机。这是一种非研制项目的以 6.7MHz、32 位 68020 微处理机为基础的便携式计算机的民用加固型。

③ 分析控制台

分析控制台是一种以 10MHz、68010 微处理机为基础的情报终端。它是一种 16 位/32 位的混合计算机的加固型，经局部网络与战术计算机处理机相连，在一个节点中提供多个工作站。

（2）机动控制系统的功能与特点

辅助指挥官和参谋人员收集、处理、分析、分配和交换战场信息以及传送命令，使指挥官在敌方作出决策之前就能采取行动。为了达到这个目的，机动控制系统在装甲部队、步兵和联合兵种部队中执行自动的指挥和控制功能。该系统还将与其他指挥控制系统接

口,如火力支援、情报和电子战、防空及战斗勤务支援的指挥控制系统。

2. 防空系统

防空系统是陆军指挥与控制系统一个重要的分系统。美国陆军重点发展前进地域防空指挥控制和情报系统 (FAADC²I)。该系统由指挥和控制设备、监视传感器和飞机敌我识别器组成。

FAADC²I 由三个通信网络互连,构成完整的前进地域防空指挥控制系统。这三个网络从事产生和分发空中航迹数据。它们是联合区域防空 JTIDS 网络、FAAD 营级 JTIDS 网络和 FAAD 营级增强型定位报告系统 (EPLRS) 网络。

在联合区域防空 JTIDS 网络中,包括空军、海军、海军陆战队的指挥控制系统以及“爱国者”、“霍克”导弹和空战管理作战中心等作战单位。

它们从各自对方接收航迹数据,并发送自己负有报告责任的航迹数据。FAAD 营级 JTIDS 网络包括空战管理中心、空中管理分队联络官和 FAADC²I 传感器。它们互相接收对方的航迹数据,并发送航迹数据,形成综合空中态势图。

FAAD C²I 系统完成的 C²I 功能是:有与部署在防空营、群和旅的系统接口;精确、实时地传输有关空中目标的威胁报警信息;为 FAAD 火力单位的操作手指示目标;综合目前的“火神”高炮系统、“小榭树”和“毒刺”导弹系统;参与空域管制以及与定位报告系统/联合战术信息分发系统互相交换信息等。

FAAD C²I 系统是将 FAAD 系统各部分连接在一起,使其具有从跟踪截获目标起 12s 内为 FAAD 火力单位报警和指示目标的能力,以及在 60s 内把武器命令传送给火力单位的能力。

根据陆军战术指挥与控制系统概念,FAAD C²I 系统是军、师和旅级防空炮兵部队的功能控制系统。因此,FAAD C²I 系统必须把防空炮兵部队和机动作战指挥官结合在一起,实现整个系统结构

中的信息共享,使防空炮兵指挥官能组织兵力,分配战术任务。

作战指挥和控制是FAAD的系统为防空炮兵指挥官提供有关下属部队状况、位置和态势的情报。这种能力与陆军战术指挥控制系统的结合,可保证FAAD设施能在适当的地点、适当的时间为部队指挥官提供机动和其他作战行动的灵活性。

目标瞄准的指挥和控制是指FAAD C²I系统融合来自系统内部和外部的情报和目标瞄准信息,并与武器控制命令一起分配给FAAD指挥部门和武器系统。

3. 火力支援系统

作为陆军指挥控制系统的一个分系统,炮兵射击指挥控制系统是陆军战术指挥与控制系统的火力支援系统。综合所有的火力支援和攻击系统,包括近距离的空中支援、迫击炮、陆军航空兵、进攻性电子战系统和野战炮兵以及战术导弹系统等,以便更有效地支援空地一体作战。

(1) 炮兵火力支援指挥控制系统

炮兵是以火炮和导弹为基本装备的战斗兵种,是合成军队的重要组成部分,也是陆军火力突击的骨干力量。炮兵具有强大的火力、较远的射程、良好的射击精度、较高的机动能力和广泛的适应性,能集中火力对各种目标实施猛烈突击,能在各种状况下连续地遂行战斗任务。

(2) 战术导弹指挥控制系统

战术导弹指挥控制系统是指指挥战术导弹作战的神经中枢。其任务是:了解敌情,接收地面雷达、航空和航天侦察系统送来的各种信息;拟定打击战术纵深内目标的攻击作战方案,并划分作战阶段;协调并配合使用各种战术导弹武器系统;计算打击战术目标所需使用的武器弹药类型、数量;监督各种战术导弹武器系统的作战情况及相应的指挥控制系统运行情况;综合评定作战效果。

战术导弹部队指挥控制系统由八个分系统组成。其组成如图2.2

所示。

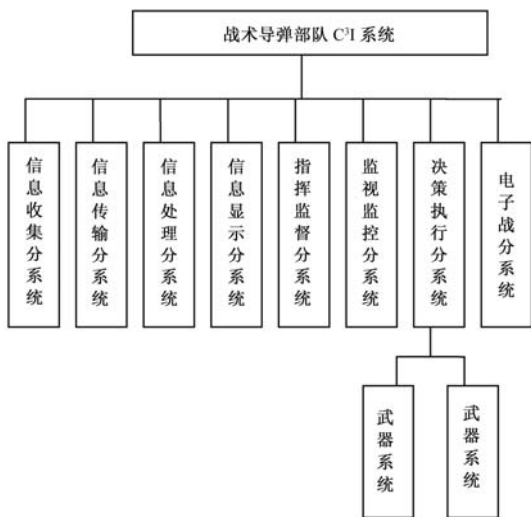


图 2.2 战术导弹部队指挥控制系统组成结构

各分系统主要功能如下：

① 信息收集分系统。接收地面雷达、航空、航天侦察系统送来的陆地、空中、海上各战术目标的信息。

② 信息传输分系统。保障与战术指挥中心等上级机关的不间断的通信联络，接受上级的作战命令；同时保障对下级指挥机关的不间断指挥。

③ 信息处理分系统。综合处理各种敌情信息，对比敌我双方的力量，确定战术目标的位置、重要程度等，形成战场作战态势。

④ 信息显示分析统。将敌我双方的力量、战场态势等信息显示在大屏幕或计算机屏幕上，便于指挥员分析判断情况、定下作战决心及生成作战方案。

⑤ 指挥监督分系统。按拟定的作战方案对下属指挥控制系统实施指挥，并监督作战完成情况、伤亡情况等，以便于实时调整作战计划。

⑥ 监视控制分系统。对战术火箭部队指挥控制系统的各系统或组成设备,监视其运行情况、定位故障,并进行必要的修复。

⑦ 决策执行分系统。执行战术控制中心的命令,确定打击的战术目标的顺序、攻击时机、攻击所需的武器类型和数量等,对各种可能的作战方案进行评估,从中选择最佳作战方案,并拟定具体作战计划。

⑧ 电子战分系统。为完成一定的战术意图,需要电子战部队配合行动。将配合作战行动计划下达给电子战分系统,由电子战分系统组织实施电子战,如电子欺骗、电子压制等。

4. 作战勤务支持系统

战斗勤务支援系统是陆军指挥和控制系统五个功能系统之一,主要是对后勤业务的支援,如行政管理、人员、财务、补给、运输、医务、维护等。

战斗勤务支援控制系统为其他系统提供有关设备可用性的关键情报,使设备、人员和补给不断满足所要求。因此,该系统的主要用途是:汇总战斗勤务支援关键的功能信息;赋予战斗勤务支援指挥官和参谋人员完成实时支援和持续分析的能力;允许战斗勤务支援指挥官共享分配给部队指挥官的指挥控制数据库。

旅一级的作战勤务支援控制系统单元是前方地域支援营,它将为每一个旅提供专门的支援,使师支援司令部指挥官能得到旅的关键信息。师一级的支援司令部指挥所与师物资管理中心之间相距500m左右。通过电缆连接。军一级有军支援司令部及其功能控制中心和移动控制中心。为了使该系统在现代战场上具有较好的抗毁性,师和军的勤务支援指挥所必须是分散或网络式配置。

5. 战场侦察系统

战场侦察系统是陆军指挥和控制系统的主要分系统之一。它主要汇集来自信号情报、电子情报、人工情报和图像情报等多个信息

源和传感器的数据，鉴定和相关这些数据，向陆军军、师指挥所的指挥员传送完整地、公共的、相关的、近实时的战场态势图。有关敌方活动的综合情报被叠加在电子地图上，并以三坐标的形式描绘出地形，以便能立刻辨别隘口、障碍物、集结地区、接近地和狭隘地形等。战场侦察指挥控制系统的这些功能与作用，将支援陆军指挥员在精确、及时的情报基础上作出正确的决策。

战场侦察指挥所系统的主要特点如下：

战场侦察指挥所系统汇集各个信息源和传感器来的情报，进行分析比较，得到敌方实力行动方案的综合情报，故情报来源广，可靠性高；情报收集具有主动性，在战争或战斗前，可向系统数据库输入有关特定条件下的作战原则等；情报处理系统可根据预先输入的知识对情报进行处理，大大提高了情报处理的针对性和主动性；指挥员通过情报积累弄清敌方的进攻或增援意图，以及还有哪些情况未查清，可指挥其侦察系统有目的地搜集所需的情报；战场侦察系统具有地形显示能力，指挥控制系统的指挥员可利用系统的显示设备等关键系统和数字地形支援系统（DTSS），以立体图形的形式显示地图背景，可一目了然地了解地形对敌方机动能力的影响；同时，还能向指挥员指示敌方指挥所、补给点以及部队集结地的可能位置，与作战单位保持密切联系；战场侦察情报处理系统能向各级指挥所和作战部队（如炮兵分队、防空兵、导弹等）传输实时的情报信息、战场态势等。

2.3.2 美军数字化部队和单兵信息系统

1. 美军数字化部队

所谓数字化部队是利用现代数字化技术把指挥控制系统和武器系统紧密结合，包括采用数字化技术的单兵系统武装起来的士兵，具有高度机动能力、能快速部署、能在较低层（团、营以下）部队实现多军种作战的作战部队。

数字化部队装备除具有一切指挥控制系统的特点外，还具有下述特点：数字化部队的建设重点放在营、连以下的部队；将指挥控制系统与武器系统采用的数字化技术紧密结合，可以提高武器系统的精度和快速反应能力；由于采用数字化技术，信息采集、处理、传输、指挥与控制形成一体化的指挥控制系统；各级指挥员、战斗员和武器系统能共享战场空间的态势信息，充分发挥每个指挥员和战斗员的最大战斗效能等。

美国在发展数字化部队过程中，采用了数字化技术来改造现有的指挥控制系统和武器系统，使之能适应未来信息化战争需要；另一方面他们研制的旅及旅以下指挥控制系统包括旅和旅以下指挥系统、车载信息系统、战场通信系统和单兵系统等。

美国国防部已经认定数字化信息技术是美军装备发展的重点，美国陆军认为数字化战场和数字化部队是支撑信息战的两大支柱。数字化部队是信息作战的主体，数字化战场是数字化部队实施作战的依托。这里的数字化是指数字化信息技术应用于整个战场数字化战场的战斗、战斗勤务、战斗支援系统中，支持战场信息的采集、传输、处理、反馈，向战场各级指挥人员、战斗人员、战斗支援人员提供适时信息，使高度合成的战斗群体及分散的战斗诸元，由先进的指挥网结成一个有机的整体。其功能是：战场信息收集、战场信息管理、战场信息传递、战场信息拒绝。数字化部队就是装备了数字化信息系统的部队。

数字化部队的装备并非全新型武器装备，而是由以计算机为核心的指挥、控制、通信、战场侦察、探测警戒、电子对抗等各类先进的数字化电子装备和由其构成的系统，以及用数字化技术和装备改进、增强信息化了的主战武器两大部分组成。在美国陆军的数字化部队的发展计划中，将建立一体化系统网络的通信和指挥控制作为重点，即把战场上从后方高级指挥机构到前方单兵、从远距离作战部队到机动作战部队、从战术武器平台到战略侦察卫星等，都用数字信息系统（即计算机）和数字通信系统融为一体，构成一个纵

横交错的战场信息网,使各功能领域之间和各作战部队之间建立起近实时的信息链路,达到数字化信息在网上方便地交流和共享,最终实现部队指挥、控制、通信和情报的高度一体化。

美陆军将数字化部队的重点放在旅和旅以下部队信息系统设备的数字化上,实行将指挥控制、数字通信、情报/电子战、全球定位、敌我识别五种功能综合为一体的装备体系结构。21世纪部队旅和旅以下作战指挥系统主要由前面叙述过的旅和旅以下指挥系统、车载信息系统、战场信息传输系统和单兵信息系统装备组成。

2. 单兵信息系统

美军单兵系统“地面勇士”和“先进士兵系统”、英军的“未来战斗士兵系统”、法军的“先进战斗士兵系统”、俄军的“巴米尔察工程”和澳大利亚的“温杜拉”已相继投入使用。此外,德、意、加以及比利时、挪威、西班牙、土耳其等国,也都制订了各自的系统研发计划。此外,外军装备的单兵系统,近期还配备了先进的敌我识别功能,如美军研制用于在普通单兵之间的“徒步式单兵作战识别系统”(CI-DDS)、用于数字化单兵作战的“陆地勇士作战识别系统”(LW-CIDS)和装备武装直升机对单兵直觉的识别系统(HDSIDS)等。

单兵信息系统,又称单兵数字化装备,可以实现在士兵之间、士兵与其他武器平台和指挥所之间传输数字化信息,帮助士兵辨别方向、识别敌我和进行精确射击。因此,单兵信息系统是向士兵提供数字化装备和把士兵连入数字化战场的关键性系统,是数字化战场的必然趋势。

单兵系统是指单兵在战术环境中穿戴、使用和消耗的所有装备品,即集于单兵一身的单兵防护、单兵战斗武器和单兵通信器材的装备,它包括头盔、防弹服、单兵枪械、“三防”装备、计算机、电台等从头到脚的整体装备。它是把单兵作为整个作战系统的一个武器平台、从人一机一环境整体考虑、统筹规划与设计的。单兵信

息系统,即通常所说的单兵指挥、控制、通信和情报,它是单兵系统的核心。它是由单兵系统中的计算机、电台和软件组成。单兵信息系统使士兵、武器、防护装备有机结合形成一个完备的、合理的体系和完善集成的人机系统,使之能够迅速、准确地处理、传递信息,为上级了解、掌握战场态势和准确判断战场形势提供可靠依据;利用单兵武器和班组武器能对付单个或集群有生目标、轻型装甲车辆和武装直升机。在配备信息攻击武器的条件下,能够破坏或实施干扰敌军的信息系统;利用其防护服,使之具备防弹、防火、防热核、防红外、防激光、防生化武器的功能。

在未来数字化战场条件下,士兵不再是一个孤立的人,而是战场信息网中的一个节点、一个终端、一个军事信息系统。士兵有比任何时候都强的战斗力、全面的防护能力、战场生存能力与作战系统更大的互通性和协同能力。单兵信息系统是未来数字化战场不可缺少的重要组成部分。单兵系统的关键技术如下:

(1) 计算机/电台系统小型化

单兵计算机无疑将采用功能更强大的芯片,其重量和体积需进一步减少。计算机中预装的软件,除通信软件外,通常还有格式化报告、任务自动计划/复述、数字化地图等数据处理和管理软件以及弹道计算软件。单兵计算机与单兵电台可与插件组为一体。

(2) 模块化火控系统

由于单兵武器是由单兵携带,首先要求火控系统重量轻、体积小、结构简单、性能可靠、操作简单;尽量采用先进的成熟技术,确保其技术可行性。为适应未来信息化战场需求,火控系统应模块化设计,应具备有与其他系统挂接的标准接口,可根据不同的需要选用。

(3) 榴弹技术

用单兵战斗武器发射小口径榴弹实现中远距离(500~1000m)的面杀伤及破轻装甲是系统最突出的特点之一。它使系统的作战效能同以往的战斗武器相比实现了质的飞跃。

(4) 微型引信技术

研制微型引信是榴弹的需要，引信技术关键是微型化，以便为装药留出足够的空间来提高榴弹的威力。引信应具备双备双重功能，即碰炸和可编程定时，实现榴弹的高爆杀伤。

（5）平板显示器

由于平板显示器可以克服阴极射线管存在的重量大、需要高压等不足之处，因此采用小型、高分辨率平板显示器的头盔显示器是综合头盔子系统的关键部件。

（6）热成像武器瞄准器

为了使步兵也具有夜视能力，利用任何物体只要其温度在绝对零度以上都能辐射出来热辐射或红外能量的原理来研制热成像武器瞄准器。

（7）单兵通信系统关键技术

由于单兵作战的通信系统要求具有体积小、重量轻和功耗低能力，具有抑制环境噪声和抗噪声语音识别能力，具有语音、图像和数据等多媒体信息处理能力以及抗干扰和抗毁组网的多种特殊要求。因此，除相关软件功能模块的开发外，系统还涉及到多项关键技术，如减少系统功耗和体积的相关技术、抗噪音语音识别技术、无中心自组网技术、信息压缩技术等。

（8）单兵电台的发展

从正在开发的单兵电台来看，未来的单兵电台将广泛采用先进的通信技术，包括无线自组网技术、软件无线电技术、自适应无线技术以及抗干扰、抗截获技术。大大增强了单兵电台功能，实现调频、加密、组网、互操作性等功能，在具备抗干扰、抗截获和保密等基本性能的同时与微型导航装置相结合，向小型化、数字化、功能综合化的方向发展，全面提高战场环境适应能力，真正实现士兵联网。

另外，作为士兵现代化计划重要设施的手持式电台是网络中心战和网络实现能力的基础。现代化单兵电台都将集成在背心里或布署在背带周围。士兵手持“砖块”的现象将成为历史。通过目前正

在利用和开发的声控技术,士兵几乎不用看甚至不用触摸电台,“无需动手”就可控制通信。

2.3.3 美军地理信息系统与气象保障系统

地理信息系统(GIS)和气象保障系统(WSS)是战役战斗战场环境保障系统。指挥员除了要了解敌、我方情报的战场态势外,还必须对战场环境有较深入的了解。指挥员要充分利用战场环境生成有利于己方而不利敌方的作战方案,达到其战役战斗目的。现代战争中,尽管各类武器在作用距离和威力上有很大提高,但战场环境仍然起着非常重要的作用。在陆军作战中,地面情况即陆地战场的信息,亦即地理信息,显得异常重要。

1. 地理信息系统

地理信息系统包含地图和地理信息两大部分。地理信息系统在国民经济建设中已越来越展现出其巨大的作用和生命力。在军事上,它为指挥员提供地图图形显示和地理信息,为指挥员展现清晰的战场地理环境。地理信息系统包含下述五项功能:地图和地理信息数据及其管理;地图图形处理(包括矢量地图和像素地图的生成);地理信息分析;坐标数据转换;人机界面操作和显示等。

(1) 地理信息系统在军事上的应用

① 网络地理信息分析

- 地形通视分析;
- 坡度坡向计算;
- 邻域分析;
- 欧氏距离及各条件加权距离模型;
- 流域和淹没边界分析;
- 剖面分析等。

② 不规则三角网表面模型分析

- 支持从高程点、等高线生成三角网表面模型;
- 设置参数生成影线地形模型;
- 给出视点及投影参数进行三维透视显示。

③ 网络分析

- 最佳路径选择;
- 路径节点选址和分配模型等。

④ 图形显示

- 对各地理要素进行按线形、颜色、填充或符号显示;
- 推镜头显示;
- 支持标绘态势图形功能;
- 支持多媒体功能等。

(2) 军事地理信息分类

军事地理信息系统包括两部分:第一部分是自然地理信息;第二部分是作战指挥所需要的专题军事地理信息。一般在军事应用上的自然地理信息系统主要关心的是图形的几何形状信息和地理属性信息,而不是全部自然地理信息。几何形状信息是地理实体的图形表现,即点、线、面(多边形)和符号类图形数据,包括位置描述等,而不管它表示的地理实体是什么。地理属性信息则给出所关心的地理实体属性及描述该属性的各类参数。不同的军种从不同的作战目的出发,所关心的地理实体及其属性也不同。如以陆战场而言,主要考虑的是战场地形、地貌、交通网和水系等基础地理信息。

2. 气象保障信息系统

(1) 气象对陆军作战的影响

陆军作战,气象条件影响较大,主要的气象影响要素和作战行动如下:

- 雨雪对道路状况的影响直接关系到步兵和装甲兵的集结行进战斗行动;
- 河流水位、流速及桥梁、码头情况影响陆军的集结机动和战

斗行动,包括工程兵桥梁架设等作业;

- 风向风速影响核武器、化学武器、生物武器的沾染区扩散范围及扩散方向;
- 风向风速对地面炮兵和火箭部队直接产生影响;
- 冰冻对工程兵构筑工事的影响;
- 季节性水系对陆军作战行动的影响;
- 雾、雨、黑夜对陆军作战行动的影响等。

气象对陆、海、空军作战部队的集结、机动和作战行动的影响既包括不利的方面,也包括可以利用的有利方面,如可以利用自然条件进行伪装、隐秘和欺骗,以麻痹对手,产生对已有利的作战行动和效果。

(2) 气象保障信息系统主要功能

对不同的军兵种,作战行动对气象保障要求的内容也不相同,但基本包括下述几个方面。

- 气象资料数据库。存储作战地域内主要气象要素历史资料,为气象分析和预测使用。
- 实时气象情况资料采集、传递。能传输和接收各种介质和类型的气象信息,如卫星云图(图像)、天气图等,并能将本情报保障系统的处理结果以图形图像、数据表格和文字形式及时传送给本级指挥员和所属下级作战单位,并传递到友邻单位。
- 气象信息处理、分析和填图功能。卫星云图的分析、在地图上填绘点状气象信息和等压线、等温线等;气象预报生成,包括短期预报、中期预报以及对某些军兵种的专用气象预报,如对机场上空的多层高空风信息,对炮兵进行露点温度和风向风速预报;气象统计功能,主要指对气象要素的定量统计。
- 气象对作战行动的影响分析。各气象要素对各军兵种作战行动适应性分析;对各军兵种作战效果影响分析;对决策指挥

方案的优化选择分析。

- 危险天气告警。对不同军兵种的不同作战行动，危险天气的属性是不同的，如机场上空低云层对飞机起降的影响；冰冻对工程兵作业的影响。
- 气象报告和决心保障建议生成功能。
- 气象业务管理。包括气象专业训练管理、气象仪器设备管理、气象资料和科研管理等。

2.3.4 美国未来作战系统（FCS）

美国未来作战系统是美国陆军下一代陆战核心系统，将是世界上第一个真正的网络化系统，能够实现数据和传感器信息的共享，为整个战场提供态势感知能力。

美国陆军未来作战系统计划的目标是用重量更轻、机动性更好、组网能力更强的车辆装备美国陆军。美国陆军计划利用无人机、地面车辆以及智能弹药大幅度提高部队的态势感知能力及攻击效果。但是由于 FCS 的规模太大、复杂性太高，其最近面临预算的减少，而且美国陆军可能无法全部换装 FCS。

FCS 的车辆电子目前包括车上控制导航、通信和武器之类功能的电子系统。车辆电子包含的部件从芯片、板卡到显示器和电源电子器件。经过多年的努力，工程师们已经找到了实现其轻量化和有效功率应用的最优组合，并实现了可靠的性能。

设计人员正在将这些独立的系统捆绑在一起，形成一个车辆电子系统网，能够实现它们之间、与相邻车辆间甚至与附近的士兵和远方的指挥官的数据共享。士兵、车辆、海上舰船以及航天器上遍布战场的分散传感器将连接到该网络中，为每名士兵提供相同的态势感知。

下一代战场车辆电子将在未来作战系统（FCS）车辆族（地面如无人车辆，空中如无人机，通过无线分布式网络连接在一起）中

亮相。

装备了 FCS 的单位可与联合部队合作，具备充分的机动能力，可部署到 C-130 飞机能够着陆的任何地方，采用间接打击而不是部队直接攻击的方式，提高了部队的战斗力和生存能力。该系统的关键部件包括连接到每部车上各节点的组网传感器，使得所有作战人员能够看到统一、综合的战场图像。

车辆电子是巨大的 FCS 系统的一个重要组成部分。在每部车辆中，它不断向指挥员报告诸如燃料、水以及弹药补给之类的变量。为确保数据能到达需要的位置，设计人员构建了一种分布式 Web。每辆车和每个士兵都作为该网络中的一个节点，即使有的节点出现问题，数据仍然能够照常流动。FCS 将是第一个为部队部署的完全网络化系统，所有车辆和士兵都将成为一个无线网络上的节点。

美国陆军领导迫切想把 FCS 系统投入到战场中。到 2014 年，美国陆军将拥有一支装备全部 18 个核心系统（加网络）以及其他具备部分能力的模块单元的行动单位。

每个行动单位将包括三个装备 FCS 的合成兵种营、一个非瞄准线加农炮营、一个侦察监视和目标捕获（RSTA）空军中队、一个前方支援营、一个旅情报和通信连以及一个司令部连。

美国陆军正在向模块化旅作战分队迈进，因此通用性非常关键。这就是设计人员无论在有人还是无人车辆上都采用综合计算机系统（ICS）的原因。

ICS 是一种基于商业现货的系统，用于控制传感器、地面车辆、无人机并完成处理、组网和数据存储。从 2007 年开始，ICS 的初始原型已部署到现有的布莱德利战车、M1 坦克、斯瑞克战车以及悍马车上。

另外，软件集成的工作量较大。美军采用的解决方案是 SOSCOE 一系统之系统的公共操作环境。SOSCOE 是中间件层，使得各种软件应用能够同时运行，而彼此隔离并与操作系统本身隔离，因此设计人员必须增加新的程序，而不重构整个系统。

SOSCOE 体系将采用商业现货硬件以及一个符合陆军联合战术体系 (JTA) 的操作系统为实时、近实时和非实时操作建立一种非专用体系。

以前的系统 FBCB2 是一种烟囱式系统, 因此如果需要重新编码, 必须丢弃整个模块。而 SOSCOE 中有一 OS 提取层, 因此甚至能够更换多个操作系统。

多年来, 美国非常重视陆军战术指挥控制系统的建设和经费投入。美军在 21 世纪部队的建设规划中, 将实现战场数字化作为一个主要组成部分。在 2003 年 3 月美对伊拉克“自由伊拉克行动”的陆军作战中应用了“21 世纪战斗指挥系统”, 也称“21 世纪旅及旅以下部队作战指挥系统 (FBCB2)”。这是一个实时战场态势感知数字化战斗指挥系统, 它实质上是一个战术数字化综合信息系统 (于侦察、定位、网络通信、显示、指控一体化)。FBCB2 是 21 世纪旅及旅以下指挥控制和传感器融合网络, 使得小的战术部队在数字化战场空间的纵向和横向综合中共享数据。

2.3.5 法军数字化旅演练网络中心战系统

法军的数字化旅装备有部队指挥和信息系统、营信息系统以及战场管理系统。部队指挥和信息系统可用来连接战术指挥官, 以更好地进行协调和计划; 营信息系统可从战场上收集和传输数据, 营信息系统终端可安装在战斗车辆和营、连级指挥所内; 战场管理系统将独立的战场作战部队与指挥所连接起来, 战场管理系统终端通常安装在坦克、直升机上, 并可由单兵携带。

法国将于 2009 年把两个数字化装备旅投入战场, 2015 年装备到整个陆军。但是在此之前, 法军计划尽可能确保陆军的数字化部队可与空军、海军及盟军的数字化部队进行互操作, 并且网络能够同时在两个或两个以上战区范围内进行连接, 这是有限不对称作战时代的关键需求。

另外法国“梅尔吉奥”项目为法国陆海空三军提供新一代高炮战术通信系统。合同价值 2.52 亿欧元，包括该系统的开发和生产以及后续支持。

“梅尔吉奥”项目将为法国三军及特种部队提供高安全性的、与北约的系统互操作的关键战区通信设备。

2.3.6 日本军事电子信息系统发展情况

日本自卫队已初步建成以防卫厅中央指挥所为核心，连接陆海空 C⁴I 系统的战略与战术系统。完全能满足日本进行各种作战和军事行动的指挥需要，并已与美军指挥控制系统联网。日本主要指挥控制系统有：新中央指挥控制系统、陆上自卫队指挥控制系统、航空自卫队指挥控制系统、海上自卫队指挥控制系统等；日本主要情报侦察系统有：陆基情报侦察系统、空基情报侦察系统、海基情报侦察系统、天基情报侦察系统等；日本主要通信系统装备有：陆基通信系统装备、空基通信系统装备、海基通信系统装备、卫星通信系统等；日本还非常重视电子战装备的研制与发展，主要包括电子情报侦察、电子干扰、平台自卫电子战等。

2.3.7 印军战术通信系统的发展情况

印度军方 2007 年 3 月称，要在两个月内面向全球招标以获得战术通信系统（TCS），把战场指挥区域与已部署的部队连接起来。战术通信系统是印度陆军寻求建立的网络中心战系统的一部分。

战术通信系统是未来印度陆军数字化战场通信网络的骨干。该项目将使用各种通信设备，包括支持语音、视频、数据、传真和其他附加业务的有线或无线设备。战术通信系统的体系结构有保密无线电、卫星终端系统和光缆连接组成，并使用现代化保护系统对抗电子干扰威胁。该系统将与智能集成系统，包括飞行器雷达和几种

无人机。

印度国防军正不断引入各种最新的通信网络，如空中综合指挥控制和通信系统（IACCCS）及德里地区防御中心。这些网络中心战系统使用光纤和卫星链路把战场中的印度陆海空三军指挥中心有效连接在一起。

在 LACCCS 项目中，印度空军将集成指挥控制和通信系统，还使用光纤介质、先进雷达和图形系统使现有的防空地面环境系统的通信网络现代化。并且在 2007 年，可以从卫星、雷达、无人机、预警机等接收即时反馈。将来，类似卫星和监视系统的空基设备也将集成到网络中心战系统中。德里地区防御中心是另外一套连接陆军各种资源防御首都德里周围战略设施的防御系统。

除此之外，俄罗斯、英、德等军事发达国家在陆军战术信息系统方面也发展很快。

2.4 美军综合电子信息系统的发展趋势

2.4.1 概述

美军当今的 C⁴ISR 系统仍具有诸多“烟囱式”系统的特点。因此，为满足美国军事战略的要求，美国国防部要求采用新的观念来开发 C⁴ISR 体系结构；要求采用新的思维方式来实现信息的获取、集成、利用和共享；要求利用新的情报、监视和侦察资源来提供对手的情况，并对综合电子信息系统提出了互操作、透明、规模可变、易响应、安全、易于使用、灵活和可维护、可靠、经济上可承受、可扩展和可生存的目标环境。

2.4.2 美军综合电子信息系统共用信息基础设施组成和发展

为增强联合作战能力,美军综合电子信息系统正在以网络中心战理论为指导思想,重点建设以全球信息栅格(GIG)为核心、以联合指挥与控制/基于网络指挥能力(JC2/NECC)的系统和联合情报监视侦察(JISR)系统为支柱的网络中心环境。

1. 联合指挥与控制(JC2)系统/基于网络的指挥能力(NECC)系统

(1) JC2 系统的组成

JC2 系统由数据传输基础设施、操作系统、Web 服务、应用程序和数据等组成。系统构架来自于全球指挥与控制系统-联合(GCCS-J),包括 7 个使命能力包(MCP):态势感知、战备、兵力投放、情报、部队防护、兵力运用空/天作战、兵力运用-联合火力/机动等 7 个使命领域。系统的应用和功能都建立在 GIG 企业服务(GES)之上。

(2) JC2 系统的特征

未来联合 C2 能力将是灵活的、鲁棒的、有恢复力的和以网络为中心的。美国防部《联合指挥与控制功能概念》文件进一步强调了 2015 年联合 C2 系统将具有如下关键特征:

- 利用协同信息环境联合部队和联合部队以外的司令员、参谋和其他决策人员或专家可以一起联网,该网络可提供有保障的通信和连通;
- 利用一套协同工具,司令员可对共同问题的理解和提出解决方案一起工作;
- 协同环境下的网络能提供最大的组织灵活性;
- 协同信息环境中的任何参与者可访问该系统收集和生成的

各种信息；

- 可生成潜在的多个行动方案，并对其进行评估；
- 司令员可更有效地在关键时间和关键地方引导部队实施行动方案；
- 获得分散化带来的好处——创新性、自适应和速度。

（3）JC2 系统的能力

美联合部队司令部的《联合转型路线图》提出了 JC2 将具有如下的核心能力：

- 共用的“作战图像”（战争的所有级别）；
- 自适应任务计划编制和演练；
- 协同信息环境；
- 情报支持（与 C2 接口）；
- 联合火力 C2 和机动 C2；
- 防护 C2；
- 部署计划编制和执行管理；
- 后勤计划编制和执行管理。

（4）JC2 系统的发展

联合指挥与控制（JC2）系统是新一代的军事指挥和控制系统，为防止它与 DISA 负责的 JC2 系统能力采办计划的混同，2006 年 3 月，ASD（NII）将其更名为“基于网络的指挥能力”（Net-Enabled Command Capability, NECC）系统。

NECC 将以网络中心体系结构为基础，采用基于 Web、面向服务的体系结构（SOA），以及基于全球信息栅格的网络中心企业服务（GIG NCES）的软件，将指挥与控制系统的功能集成到一个系统内，更有效地融合信息和部署部队作战，快速适应作战任务变化和以网络为中心的联合使命域的协同，从而极大地提高联合作战的指挥控制能力，实现跨军种的联合指挥与控制。

（5）JC2 系统的实施

美军 JC2 系统来自于美军 GCCS，是 GCCS 的发展，“运行在

全球 600 多个站点的 GCCS-J（全球指挥与控制系统-联合）形成了联合指挥与控制（JC2）系统的基干，用于联合军事行动和多国行动的计划编制和实施”。GCCS-J 通过融合一套关键的作战能力，并依靠共用操作环境（COE）的基础设施，提供一个集成的、全球的 JC2 系统。GCCS-J 将分阶段向 JC2 转型，最终它将由 GCCS-J 和 GCCS 的军种变异系统[陆军 GCCS（AGCCS）、海军 GCCS（GCCS-M）、空军 GCCS（GCCS-AF）]发展成一种单一的联合 C2 体系结构，这种体系结构采用一种以网络为中心的、基于能力的工具，该工具由跨军种的通用的使命能力包（MCP）组成。

2. 全球信息栅格

多年来，尽管美军电子信息系统正在以 GIG 为核心迅速发展，然而，目前的 GIG 无论在结构上还是功能上还具有烟囱式系统的特点，这些烟囱式系统不适于支持网络中心行动（NCO），因此，美国国防部于 2007 年 6 月发布了《国防部 GIG 体系结构构想》1.0 版，这是一个以网络为中心、面向服务的国防部企业构想，是一个目标 GIG 构想，它将能使所有国防部用户以及使命伙伴之间通过 GIG 实现对所有信息和服务的可视性、可访问性、共享和理解，并支持和实现具有高度灵活性、易响应性、自适应性和以信息为中心的行动。

（1）目标 GIG 特征

GIG 具有以下特征：

- 与因特网和全球网类似；
- 安全和可用的信息传输；
- 对信息/数据的保护和保证（嵌入可信性）；
- 并行发布信息与数据；
- 灵巧拉动信息（取代原来的灵巧推送信息）；
- 以信息/数据为核心；
- 共享应用和服务；
- 可信和定制访问；

- 服务质量。

(2) 目标 GIG 能力

目标 GIG 将部队、传感器、用户、平台、应用、信息和决策人员全球鲁棒地联网，从而支持信息优势、决策优势乃至全面主宰的实现，显著提高信息共享和 C2 能力，提高联合部队在复杂、不确定和动态环境中的作战能力。因此，目标 GIG 将为作战提供如下能力：

- 增强战场上、业务流程以及情报活动中的共享态势感知和理解；
- 通过实时可用的决策级质量信息和快速有效分发指示的能力，提高指挥速度；
- 通过实时获得不同密级可信且可靠的信息，提高指挥控制能力和增强协同能力，使联合部队具有更强的杀伤力；
- 依靠网络化环境（和全球到达），以支持动态计划制定和更新指示；
- 通过改进态势感知提高生存能力；
- 向用户提供最新、最准确及最相关的信息，实现作战支援现代化；
- 通过共享态势感知、协同和对指挥官意图的理解，实现有效的自同步；
- 通过共享态势感知和协同，实现支援部门的有效自组织；
- 通过业务系统/应用的互操作，提高国防部业务活动的灵活性和效率。

(3) 目标 GIG 系统的基础设施

目标 GIG 系统由两个主要功能组件组成，即基础设施和使命专用应用、服务和信息。其基础设施包括核心企业服务基础设施、计算基础设施、通信基础设施、信息保障基础设施和网络运行基础设施。

(4) 目标 GIG 构想实现的关键技术

为实现目标 GIG 构想，美国防部确定了 13 项关键技术：

- IPv6 技术；
- SOA 基础设施技术；
- 移动自组织网（MANET）与传感器技术；
- 人机接口技术；
- 语义网页技术；
- 无线射频标识技术；
- 超大规模数据存储、提供和传输技术；
- 高性能计算技术；
- 栅格计算技术；
- 代理技术；
- 信息保障技术；
- “黑核”技术；
- 基于数字策略技术。

3. 联合情报系统

联合情报是一个国家由一个以上军种的部队生成的情报。情报不同于信息，因为情报考虑了对未来态势和环境的预测和判断，以及通过对可用行动方案之间不同的阐述，告知了决策。因此，情报可向指挥官提供以对敌人能力全面分析和对敌人意图预测为基础的威胁评估。联合情报的主要功能（目的）是为促进使命的完成提供信息和评估。有效的和成功的联合情报作业有赖于联合情报的基本原则，美联合参谋部将其规定为：洞察力；同步化；真实性；工作的一致性；优先化；优抽化；预测性；灵巧性；协同性和融合性。

美军的联合情报系统由星载（天基）、机载/飞艇载（空基）、舰载（海基）和陆基的战略、战役和战术级的传感器组成。

尽管美军现已经具有强大的情报优势，但在情报搜集能力、情报搜集系统的使用以及情报搜集管理规程等方面仍存在诸多问题，因此，美国防部要求未来的 ISR 系统能将全球感知与局部精确感知

一体化,并将情报功能与战术级作战实现全面一体化,在全天时、全天候环境上,能支持在拒止地区或争夺地区内针对任何目标的作战行动。

4. 综合电子信息系统信息基础设施三大构件的关系

综合电子信息系统信息基础设施的三大构件(联合 C2 系统、联合通信系统/GIG 和联合 ISR 系统),其自身是一个网络化的系统,通常也分别称之为 C2 网、信息网和传感器网,而其中 C2 网和传感器网一方面是利用信息网(主要是利用 GIG 的 DISN)实现自身的 C2 节点和传感器节点的网络化,另一方面又利用信息网实现 C2 网、传感器网和交战网,由作战平台和武器打击系统(又可称之为火力打击节点)通过信息网实现网络化)的一体化和网络化,形成网状网络(mesh network)。但实际应用中(实战中),它们之间并不是网络对网络的关系,而是利用网络实现节点对节点的链接、协同、共享和支援。

(1) 构件自身的网络化

通信系统网络化旨在构建以通信、计算机网络为主体的信息网,是一个由通信链路、计算节点、操作系统、信息管理平台等要素组成的多网络的网络(Network of Networks),具有信息传输、存储、处理、分发和防护等功能,利用通用网络协议使用户间实现最大程度的链接和互通。

指挥控制系统的网络化以高性能信息网(GIS/DISN)为基础,利用网络协议和标准,包括面向通信、面向信息处理、面向用户业务等的协议,以及 JTA、COE 等标准,使各级各类 C2 系统的异构网络、异种计算机、异种操作系统以及多种专用应用和数据之间实现网络(系统)互连、信息互通、业务互操作,从而实现所有 C2 系统间的网状连接,形成一体化的 C2 网。

传感器的网络化是分布在陆海空天多维战场的各类传感器及其配套软件,利用为之提供服务的具有即插即用功能的信息网实现

网络化,从而使得任一传感器节点所获得的战场感知信息都可通过信息网与其他传感器节点进行信息交换,并经信息融合形成完整的战场态势图。

(2) 构件相互间的网络化

综合电子信息系统三大基础设施构件的网络化,实际上就是利用信息网实现传感器网、C2网和交战网的综合集成,形成时域、空域一致以及网络间的协同工作能力,使战场感知系统、C2系统和火力打击系统之间的连通由烟囱式变成一体化的方式。因此,在三大构件的网络化中,C2网将以兼具信息传输和信息处理等多重功能的信息网为依托,通过分布式、自同步与互操作的工作方式,实现对传感器网和交战网的作战任务分配,由传感器网对C2网的作战任务分配进行效果评价,并把作战任务指派给交战网。三大构件的网络化,将使C2网中的一个C2节点可与多个传感器节点连通,扩大了战场感知范围,而交战网中的一个火力打击节点可与C2网中的多个C2节点连通,扩大了火力打击范围,有利于远程精确打击。

2.4.3 美军电子信息系统发展趋势和特点

美军电子信息系统目前发展的几大趋势和特点如下。

(1) 电子信息系统信息基础设施建设已从开发建设共用信息处理平台和共用信息传输平台,转向建设以网络为中心的信息环境,包括JC2、JC/GIG、JISR系统。

(2) 美军电子信息系统的综合集成的目的是实现NCOW,而综合集成本身仅是一种手段,不是目的。

(3) 当今美军已有数百上千个电子信息系统,但国防部的网络基础设施——全球信息栅格是美全军共用的信息基础设施,因此,国防部所有用户和使命伙伴利用GIG可实现相互间的信息和服务的可视性、可访问性、共享、协同和理解。

(4) 美军致力于开发建设的电子信息系统是一个安全保密、可靠地网络化、无缝一致的以及自身能联合和协同的信息基础设施,

因此,强调开始就应嵌入安全保密措施;应重点解决信息基础设施的全时连通性;系统必须在组织上功能上从孤立的、烟囱式结构转向能互操作的综合一体化的 C4ISR 体系结构;以及必须从开始就将互操作能力嵌入系统中。

(5) 电子信息系统开发和综合集成的成功与否首先取决于顶层设计,即需要一套指导系统开发建设的设计理论,这就是体系结构框架。

(6) 当今美军电子信息系统和装备的开发建设的重点已由系统转向以网络为中心的信息环境,由传统的硬件转向软件,由平台转向技术,从以产品为中心转向以数据为中心。

(7) 电子信息系统基础设施的开发建设和系统集成不仅仅是国防部门的事,涉及到研究开发生产使用维护的全寿命周期,并波及到工业界,因此,必需制订一个有效的管理计划并建立一个权威的、统一的管理机构;制定相应的战略、策略,并为有关部门分派相应职责。

2.5 中国台湾军事电子信息系统发展状况

近几年来,中国台湾军队加紧军事建设,并将军事信息系统建设作为重点,其总体发展构想是“情报共享、系统互通”,并正在建成世界先进水平的军事信息系统。目前,国防部的“衡山”系统、陆军的“陆资”系统、海军的“大成”系统和空军的“强网”系统在原有规模的基础上,又进行了更新和完善,在提高系统技术水平的同时更强调系统间互连互通,强调提高三军系统的“整合”能力。从总体上看,台军军事信息系统三军一体化程度以及情报共享、信息融合、抗毁和战场生存能力已达到相当水平,具有较强的指挥控制能力。

另外,美国经常出售先进武器和军事信息系统给台湾当局,并在军事技术上给以支持,促进了中国台湾军事信息技术的发展。冷战后美国对中国台湾出售先进武器的步伐日益加强,从 F-16 战机、

“诺斯克”驱逐舰,到爱国者导弹、AIM-120 先进中距空对空导弹、E-2T 预警机。未来还会涉及潜艇、武装直升机、铺路爪远程雷达等军备,进一步加强其进攻作战能力。

纵观台湾军队军事信息系统现状与发展规划,可以看出有以下特点:

(1) 根据其“制空、制海、反登陆”的作战思想,重视发展军事信息系统,并强调“一种装备,多种用途”,“一种系统,三军通用”。这在“强网”的建设上体现得尤为明显,基本实现了三军作战一体化。

(2) 重视三军连通,构成整体。特别是国防部“衡山”系统已与空军的“强网”、陆军的“陆资”、海军的“大成”连通,是三军作战指挥的中枢系统,三军协同作战指挥能力较强,战时可以对中国台湾三军联合作战及总体作战实施指挥。

(3) 台军的军事信息系统隐蔽性和生存性较好,多数指挥中心地下化,具有较好的抗毁性。特别是“衡山”总体系统,为了弥补地面、地下化的不足,还建立海上指挥船,部署在远离大陆的台湾东部海区,作为“衡山”的预备指挥中心使用,机动性更强。

(4) 在建设管理上,强化集中管理体制,将陆、海、空三军系统融为一体,统一纳入参谋部指挥管理,通过将三军系统融为一体,可大大提高协同作战能力。

(5) 在装备技术体制上,采取“车同轨,书同文”方针,实现装备技术一体化。

(6) 在防空方面实现了机、弹、炮一体,台军已基本建成了针对大陆的三维立体监视网。

(7) 采取“硬件引进,软件自行研制”的方针,台湾军队大量购买美国等西方发达国家的军事信息装备,但作战指挥软件是自行研制的。

中国台湾针对中国大陆的作战准备得到了实际加强,他们建成的一体化作战指挥体系,基本上实现了“从探测到发射”的比較快

速的反应。对中国的统一大业造成了严重影响。

第 3 章 陆军战术机动综合 电子信息系统与技术

3.1 陆军初级战术电子信息系统

3.1.1 基本工作流程和原理

在陆军作战中，战场侦察分系统用各种侦察手段将敌方战场情报经过综合通信网网关入基本指挥所，并将这些实时情报自动（或手动）标绘在作战地图上。指挥所根据这些情报和上级来的敌情通报及友邻情报，再经综合通信系统送往下属各作战部队单位（情报也可直接送往一线单位，但要授予权限），作好战斗准备，命令火力支援对敌进行火力打击，命令战场侦察作好对敌目标的继续侦察监视，控制战场形势的发展，并最终夺取战争的胜利。

陆军初级机动综合电子信息系统是将指挥、控制、通信、情报及火力打击为一体的电子信息系统。

3.1.2 特点与使命

陆军机动综合电子信息系统是陆、海、空指挥自动化系统中技术最复杂、需求最高、专业面最宽的系统，是三军联合指挥自动化系统的基础。陆军机动指挥控制系统主要特点在于“机动”和“野战”。主要使命叙述如下。

(1) 高度的机动性和适应能力

野战指挥自动化系统要具有良好的机动性。根据作战需要,系统具有快速位移的能力。必须实现设备装载化和可运输性。

野战情况下的未来战争,大量机械化、信息化部队的参战,使战争的机动性大大增加。战术野战指挥自动化系统必须有高度的机动能力和灵活性才能适应恶劣的自然环境和战场环境。各级各种指挥自动化设备能适合车载、背负或机载,要便于灵活、迅速地开设和重新组合,要能“动中通”,保持良好的通信联络,确保不间断指挥。

(2) 高度的快速反应能力

战争的显著特点之一是“快速”。提高部队快速反应能力特别是机动中的各级指挥系统和部队的反应能力十分重要。快,意味着时间,即争取时间就是争取战争的胜利。要能保证各种作战命令和情报信息迅速、保密、不间断地传递到机动中的各级指挥所和部队,这是战术指挥自动化系统的重要特点之一。

(3) 要有相互替代能力

在野战情况下,指挥自动化系统必须具有相互替代的能力。在某些指挥所被摧毁情况下,其他有关指挥所能够基本或部分替代原指挥所的功能。

(4) 机动指挥自动化系统的通信网必须有抗毁能力

陆军机动指挥自动化系统的通信网要适合于野战情况,以无线为主,以车载为主。从体制上要采用多种手段相互补充。例如车载式卫星通信、散射通信、车载式短波通信、超短波通信、微波通信等。采用栅格状网络,以实现多路由和抗毁性。

(5) 机动指挥自动化系统要有隐蔽能力

系统在野战环境条件下,要有相当好的隐蔽性。系统可以借助有关物体(地形)或器材实现遮蔽及躲藏,防止敌人袭击。并且由于野战中电子信息系统设备分布面广,使其隐蔽伪装十分困难。要对系统中有关设备进行防泄漏和防辐射措施,防止敌人破坏。

(6) 系统应具有较快的开设和撤收时间

现代战争瞬息万变, 机动指挥自动化系统要适应新的需求, 一有战情立即展开, 也可依据情况快速转移。因此要求系统开设时间要短, 撤收要快。

(7) 应具有自我恢复和结构重组能力

系统在出现故障或遭到外来破坏时, 要具有自我恢复能力, 并且根据设备完好情况和作战要求进行结构重组。

(8) 系统应具有较高的可靠性和可维性

系统应具有在既定时间和规定条件下, 完成规定功能的高成功概率。要求可靠性高。野战系统中要把系统和设备可靠性放在首位, 当可靠性与先进性发生矛盾时, 为了可靠性宁可牺牲先进性要求。系统中的关键节点和设备要采用冗余设计, 关键设备和部件要进行备份。更要注意软件的可靠性。有关软件存储载体在机动中要采取特殊方式存入和处理。

野战条件下的指挥自动化系统对可维性要求高, 在恶劣环境下, 要求在较短时间内维护好系统和设备。

(9) 野战指挥自动化系统要抗恶劣环境能力

野战指挥自动化系统中使用的设备, 应能承受高低温、高湿度、高冲击、高海拔及风沙、高振动等恶劣环境。为此系统设备要进行加固。所用计算机(外设)等设备的加固可分为四种类型: 军用型、初级加固型、加固型、全加固型, 要依情况而定。

(10) 系统设备要轻便化和模块化

野战指挥自动化系统设备为了携带和装载方便, 尽量采用便携型和模块化。

(11) 运载车辆和设备要具有快速拆卸和装配的能力。

3.1.3 系统主要组成和配置类型

系统应由指挥控制、战场侦察、综合通信网和火力支援等部分组成。系统规模可大可小, 可以伸缩, 主要依系统担负的作战使命

而定。

主要设备种类和配置:

战场侦察设备一般主要有望远摄像侦察设备、微光摄像侦察设备、便携摄像侦察设备、测距设备、雷达侦察设备、无人机侦察设备、声/振压力等战场监视设备、图像无线传输设备、图像发送接收设备、实时图像处理及编辑设备、情报数据库设备、通信管理设备、军用地图录入设备、GPS 定位设备等。

通信网设备方面,主要由支撑陆军战术机动指挥自动化系统的通信网的几种通信方舱(或野战简易帐篷)和相关设备组成。比如,通信中心方舱、散射通信方舱、微波通信方舱、卫星通信地球站、通信车、短波电台及无线入口设备和交换设备等。

指挥控制设备主要有中心数据库计算机、系统监控设备、光纤局域网设备、多路话音记录仪、地图工作站、图形显示及处理设备、中屏幕、通信控制台、集中控制台、勤务调度台、通信网络设备、指挥控制台设备、定时定位设备、时钟设备、参谋业务台设备、辅助决策工作台设备、综合工作台设备等。

火力支援设备可由炮位测距、定位设备等组成。

3.1.4 系统完成的主要功能

指挥自动化系统的主要功能是为所属各级首长和指挥人员提供较为先进的自动化指挥手段,为指挥员和指挥机关提供准确的情报和科学决策依据,减轻参谋人员作业强度,并快速准确地把作战任务、作战命令传给作战对象。其功能概括为以下几个方面。

(1) 作战指挥和决策功能

系统具有用文电、数据、话音等多种通信方式接收上级指示和命令及对下属部队进行逐级和越级指挥功能。首长根据各业务部门和作战准备情况,资料查阅,形成初步作战决心,并发往下级指挥

与业务部门。各业务部门作出作战决心建议，利用指挥所的显控设备、中（大）屏幕、电话等召开电话会议形成首长作战决心，在显控台上起草作战命令，通报有关部门。

（2）信息传输和通信功能

在指挥所内部，可传输计算机数据、话音、图形和电视图像等。

在各级指挥所之间及上级指挥所之间实现话音、数据和图像传输。系统有迂回路由功能，应具有较好的抗毁性。

除了在通信信道上加密外，在系统每个功能终端上具有加/解密功能，保障出入系统的文件、数据等信息的安全。

战场侦察分系统内也可有专用通信网，保证话音与数据通信传输，也可通过入口设备接入综合通信网。

（3）情报收集功能

可通过通信分系统获取上级敌情通报。可由战场侦察获取敌图像情报、文字情报。主要侦察手段有电视侦察（含夜间侦察），中程地面雷达侦察、无人侦察、深入敌后的侦察分队使用的快轻台侦察等。火力支援分系统也可对敌炮位等进行测距定位。

（4）情报处理功能

各分系统情报获取并经予处理后，上报指挥所的信息中心，指挥所根据各种情报源（野战防空，战场侦察等）来的情报和作战任务，实时进行接收、处理、分发、存储、显示，并提取地理信息、气象信息、敌我态势等进行作战模拟和战术计算。

（5）文电处理功能

可进行文电起草、编辑、修改、传输、处理、分发、显示、存储、复制等。

（6）图形、图像处理功能

数字地图的制作、编辑、存储、检索；各种军用标号图形的绘制，态势图形的绘制、编辑、存储、传输、显示与复制。可以接收、转换、显示记录静态图像等。

（7）数据库管理功能

建立作战综合数据库，地理信息数据库，存储作战的有关数据和资料及地理信息，为作战指挥人员以及辅助决策提供支持。

数据录入、存储、检索，数据库数据的安全保障。

（8）系统监控功能

系统能对本系统的工作状态进行搜集、登录、报警、处理、及时向管理人员提供系统运行状态信息、保障系统安全可靠运行。

3.2 合成集团军野战机动综合电子信息系统组成与轮廓

3.2.1 系统中功能分系统的划分

合成集团军野战机动综合电子信息系统由多少个分系统组成比较合适，分系统如何划分，这确实是一个很难确定的事情。国外也没有特定的模式参照。而且随着科学技术的发展，电子信息系统中的分系统种类、地位和作用也在不断变化，因而划分成几个分系统也不是一成不变的。

到底如何划分好，包括那些分系统，许多人都站在不同角度来考虑问题，这也是合乎实际的。有的人说，合成集团军打仗，主要是指指挥所，这是大脑，是核心，没有指挥所，打什么仗？有的说，地面作战就是打炮兵，打导弹，集团军中二分之一以上的部队是炮兵和防空兵，这是战胜敌人的主要火力武器，没有地炮、高炮和导弹，用什么打仗？有的人说，从一定意义上讲，打仗就是打后勤，古来就有“兵马未动，粮草先行”之说，在技术发展的今天，装甲车、弹药武器、粮食、运输、医务、给养不能保证，战士吃什么？用什么打仗？有的说，打仗就是要“知己知彼，方能百战百胜”，

没有侦察和情报，战争必定失败。也有的说，通信是神经系统，是顺风耳、千里眼，没有通信，再好的指挥员也无法指挥和下达命令，全军会成为瞎子、聋子。也有的人说，现代化战争不比从前了，在信息化战争中，战场上敌我双方争夺电磁频谱控制权的斗争，已日益成为战争胜负的重要因素，电子对抗不仅是作战的保障手段，而且是十分重要的作战武器，是获得高效费比的兵力倍增器，未来战争中，不重视电子战必定处于挨打地位等。上面这些说法都有一定道理，这也正说明，在未来合成集团军野战电子信息系统中都离不开这些分系统，这些众多分系统的合理组合成为一个完整的野战电子大系统整体，离开了那一部分，都不能很好地完成未来合成集团军的作战任务。另外还有测绘、工兵、核、生、化等信息保障系统和武装直升飞机的指挥控制分系统及定位报告信息分系统等也是未来合成集团军中所必不可少的。但他们是自成一个分系统，还是与别的合在一起，都值得推敲和研究。

划分分系统的出发点不同，分系统形式也不一样。可以从完成综合任务的功能角度出发，可以从技术实现角度出发，也可以从指挥体制上划分。我们认为从功能上划分较为合适。合成集团军电子信息系统从功能上主要划分为以下八个分系统要为好。

- 作战指挥（所）控制（含态势显示和定位报告）分系统；
- 火力支援分系统（含地炮、地地导弹、武装直升飞机指挥控制）；
- 电子战分系统（通信对抗、雷达对抗等）；
- 野战防空分系统（雷达情报、高炮、地空导弹指挥控制）；
- 战场情报侦察分系统；
- 野战综合通信分系统；
- 后勤支持信息保障分系统；
- 气象、测绘、工、化（核、生、化）信息保障分系统。

合成集团军野战机动综合电子信息系统组成如图 3.1 所示。

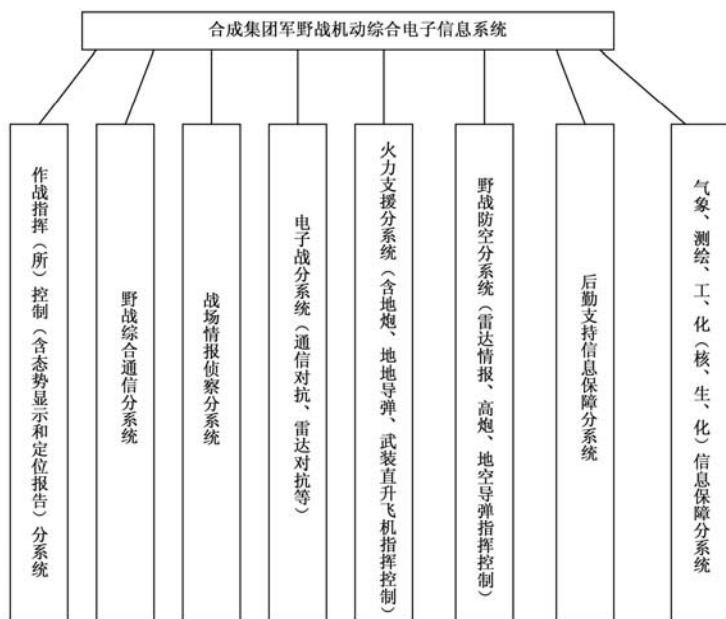


图 3.1 合成集团军野战机动综合电子信息系统组成示意图

3.2.2 系统物理组成和功能

合成集团军野战机动综合电子信息系统由一个集团军军基本指挥所和若干个师、团基本指挥所及相关要素组成。指挥所内部由光纤综合局域网和应急无线电网连接。指挥所分系统采用积木式结构，可以视需要灵活配置成各种不同规模的指挥所，设备小型化、轻型化，以适应野战机动作战环境。指挥所能收集各分系统及上下级指挥部门送来的情报，进行情报综合，提供动态态势图显示和定位显示，进行威胁估计，并配有数字地图库，能进行地图快速输入。建有分布式数据库，实现信息的分布存储与检索。能方便地起草、处理、传输、存储和复制文电。建有多种专家系统，具有辅助决策功能，能实现参谋作业自动化。各指挥所之间，军基指与上级及各

分系统之间的联络由野战综合通信分系统完成。

野战综合通信分系统将各种通信手段、各种业务种类相结合，提供综合的通信保障能力，为各电子信息分系统和各级指挥所提供公共的通信路由。它既要解决合成集团军与战略国防网的连接，又要解决驻军当地与邮电网的连接；既要解决协同通信问题，又要解决移动中的通信问题；既要解决通信中的保密问题，又要解决通信中的抗干扰、电磁兼容和频率管理问题；既要解决以话音为主的指挥通信问题，又要解决实时性强，较远距离的数据通信问题；还要解决对己方作战部队提供精确的且近实时的定位问题。

设想中的电子战分系统主要应由通信对抗和雷达对抗及光电对抗分系统组成。每个分系统的基本功能部分都能以不同的组合方式形成各种子系统，担负合成集团军进攻和防御作战时电子对抗保障任务，起到兵力倍增器的作用，达到对敌软杀伤目的。

通信对抗分系统应向侦察、测向、干扰多功能一体化方向发展，特别是要能对抗敌人的中、高速跳频通信。要综合使用多种运载方式的对抗手段，除了先进的地面对抗手段外，还要加强机载、舰载通信对抗手段，以及便携一掷投式通信对抗手段，以兼顾陆、海、空和各军兵种的通信对抗要求，适应未来战场空地一体化和大纵深作战的特点，以及大兵团作战，山地高原局部冲突的不同战术需求。通信对抗分系统应进一步拓宽工作频段，大力研制超宽频带的通信对抗设备，以对抗敌人不同频段的通信，更广泛地采用计算机一微机技术，数字化和智能化设计技术，进一步提高系统的自动化水平和快速反应能力。雷达对抗分系统为合成集团军提供自动化程度较高的雷达侦察、定位、干扰、指挥系统，它的侦察、干扰频段应有更大扩展，装备系列可适应不同作战平台，并和多种技术体制发展相结合。它能在密集复杂的雷达信号环境下，精确实时地完成对雷达辐射源的技术参数的测定与定位，用多波束干扰站可同时干扰多个威胁。光电对抗系统和装备应得到很好的应用。分系统应具有反应快、处理信号多、综合对抗能力目标强、适应性广特点。

合成集团军野战机动综合电子信息系统中的野战防空分系统可由雷达、雷达情报、军（师）防空指挥、旅（团）高炮地空导弹情报、营（连）地空导弹指挥控制等部分组成。系统中的雷达能覆盖高、中、低空全部空域，并配备各种新型野战防空雷达。系统处理的情报除雷达情报外，还有无源探测、红外探测等。系统具有目标威胁判断、火力分配、作战方案拟定、辅助决策及战场自动化管理功能，实现情报、通信、火力控制一体化。系统配有多功能显示指挥工作站，并具有良好的机动作战能力。

在火力支持部分，不论是地炮指挥控制，还是武装直升飞机控制或地地导弹指挥控制等，他们与防空系统一样都有一个共同特点，大都以数据传输为主，配以适量的话音。数据的传输要求实时性强、精度高。因此这些系统与上级单位（军指、师指及本部门的上级）的联络除去个别专线或通过野战通信系统进行话音通信外，许多是实时的数据通信，而且距离较长，可以是几十公里，甚至达上百公里。这就需要建立专门的数据实时传输系统。从各方来的要求实时性强的情报信息就直接送本部门参谋或首长，不必送集团军各级指挥所或缓送；有的实时性不强的情报信息，可送至合成集团军情报处理中心存储处理和转发到有关部门，有的重要情报同时送两个上级部门。

合成集团军野战机动综合电子信息系统的情报侦察分系统应在集团军的作用范围内，对地面、海面、空中目标进行探测、识别和定位，并与其他军兵种情报一起分析、综合后以十分方便的形式及时提供给各情报使用单位和军指挥员。可根据不同作战地点和要求，用一种或几种侦测手段去完成特定的任务。因为需要侦测的覆盖范围广，即不仅要求对地面的远、近、中目标，还要对空中的高、中、低目标进行探测、侦察，因此必须采取多种侦测手段。由于情报信息量十分大，因而需要有一个综合的较大的情报分析、处理中心。要研究和应用情报数据自动化汇集和处理新技术，要提高智能化程度，要建立分布式数据库，增强资源共享和抗毁性。情报

要确保保密和防泄露。本分系统中,由于情报源多,用途各异,情报需进行多源综合处理后再供用户应用。

在合成集团军野战机动综合电子信息系统中,后勤保障对战争的胜负起着举足轻重的作用。因此需要建立有效的后勤支援信息系统,实时地收索、处理、传输、显示战勤保障所需的数据、图形等,能向各级指挥所传输、显示作战所需的战勤保障信息,还要有较好的辅助决策能力、运输路由选择能力等,控制和指挥后勤系统完成各种战勤保障任务。

合成集团军野战机动综合电子信息系统中,还应包括气象测绘工兵保障部分。气象系统为集团军进行作战指挥提供作战区域的大气实况、卫星云图资料、气象预报和其他气象资料,并能对作战区域的天气情况进行不间断的监测,掌握天气变化情况,随时向集团军各有关指挥所或炮兵、武装直升飞机、战斗机、核、生、化部队等提供重要的气象资料。还能根据作战指挥要求进行机动作战气象保障等。测绘系统能完成合成集团首长和指挥所下达的测绘保障任务,能够及时接收、储存、管理、分发由测绘中心提出的各测绘部队获得的测绘资料,保障各种军用地图和态势图的自动生成,并快速传递和显示,以保障各级指挥员和作战部门的需求。要研究和应用地图自动显示、电子地图、计算机地图制作、影像地图、自动化测绘等先进技术,加速集团军电子信息系统的测绘自动化。在合成集团军电子信息系统中增加了核、生、化监测防护管理及工兵等信息保障部分。在未来的核战争或化学战争进行之中,或战争结束后,核、生、化电子分系统要能够监测和测量战区核、生、化污染情况,包括污染区域、污染种类、污染程度等,这些数据被采集后经过分析处理,再报到有关指挥中心,以便使指挥员采取相应的措施和命令,如人力调配,防护措施以及其他必要的对策等。工兵保障子系统用来保障指挥所的开设、隐蔽、道路开通、架设桥梁时信息保障处理和指挥控制。

总之,合成集团军野战机动综合电子信息系统应是这样一个系

统,即符合未来作战指挥体制的、具有多种情报侦察手段、多种通信手段的,综合情报信息处理和分发相结合的,能对敌采取多种对抗方式而又切实保护自己的,能完成各种信息的采集、传递、处理和多种作业任务的,与防空、火力支援、后勤支援、气象测绘、工、化信息保障等系统连成一体的,具有快速反应能力的,由高新技术支持、具有平战结合的可扩充性、集成性、互换性、高可靠性、高抗毁性、空、地一体化的,人机接口方便的野战综合电子信息系统。

3.3 合成集团军野战机动综合电子信息系统设计中应遵循的原则和总体要求

3.3.1 系统设计中应遵循的原则

(1) 注重顶层设计。

(2) 系统要重视采用先进技术和国际先进标准及一些协议的研究与应用。

(3) 充分重视软件的开发、研究,重视接口和界面友好。

(4) 系统具有模块化、小型化、积木化特点,根据作战地域和环境的不同,整个大系统可以合成在一起工作,也可以由一个或几个分系统或个别子系统甚至个别设备的组合,都可以单独拉出来完成一定功能进行工作。结构采用积木式,具有灵活和搬用方便、拆装方便、平战结合的特点。既适用于参加大兵团作战,部分系统设备也适用于高山、峡谷使用或背负使用。

(5) 系统具有高度机动的特点,既能车载、机载,也可拆下来人扛肩背。

(6) 系统除考虑地面外,还考虑到空中,实现空地一体化。

- (7) 系统采用分布式数据库和资源共享。
- (8) 系统还要统一考虑互通性、抗毁性、可靠性等。

3.3.2 系统总体要求

(1) 系统的可靠性

系统在设计阶段应当进行可靠性论证和设计。全系统应有完善的自动监控、故障诊断、检测、告警，显示和记录功能。

(2) 电磁兼容性

系统在进行总体方案论证及研制过程上中应同时进行电磁兼容性设计。系统应能有效抵抗来自自然界周围电子系统的电磁干扰，系统和设备的电磁干扰应抑制到使其周围电子系统或设备能正常工作的程度，系统应具有较强的防电磁泄漏能力。

(3) 系统的环境适应性

系统设计时，应充分考虑各种环境因素对系统的影响，采用相应的技术措施，确保系统满足用户提出的环境条件要求（如温度忽高忽低影响、低气压、太阳辐射、淋雨、抗风沙、湿热、霉菌、盐雾、振动、冲击、加速度、自由跌落、跑车运输、海拔高度、抗易爆性大气条件，环境噪声、抗核辐射等），使系统和设备在工作、运输、存放时都有较强的环境适应能力。

(4) 系统的互通性

系统中各级指挥所与各分系统间的互通互连要符合国际标准、国标、国军标的规定。如数据通信规程、信息交换和传输格式标准、文电作业处理标准、网间互连标准等。

(5) 信息传输

整个系统应建立多路、保密、不间断、多手段的通信网络。

信息传输种类应有：话音、传真、图像、数据、汉字等。

通信线路：指挥所内部以光纤或有线（电缆等）为主，辅以应急无线手段。

指挥所外部通信和电子信息分系统之间的通信,以无线为主,辅以有线手段。

指挥所之间或军基指到各野战电子分系统的控制中心之间可适当开专线。

(6) 人机接口

系统应能提供便于人员操作和控制的人机接口。人机接口要高效、透明,操作简单,有一定容错能力和提示能力,使得工作人员在操作、控制系统时所需知识尽量少,人机界面应有确保系统操作安全的技术措施。系统应合理选择和配置显示装置、控制装置,便于人员操作,应考虑和适应人体生理特性和心理特性的要求,按照人机环境工程学准则和原理进行系统设计。

(7) 系统的机动性

系统结构应模块化。系统中较大设备应能方便地拆卸、组合和搬运。设备依不同情况可车载、机载、便携。

每个分系统开设和拆收时间一般不大于规定的时间。小的指挥所和子系统开设和拆收时间应更短。

(8) 系统的抗毁性

在作战发生意外情况时,系统仍能工作或降级工作,系统中的设备根据作战环境要求,采取不同级别的加固措施和防冲击振动措施,关键设备或网中关键节点应有备份。通信网络应有路由选择功能,一路由损坏,可选另一路由。信息传输采用多种手段,互为备份。系统中的关键设备应考虑由能够抵抗或不易吸收化学剂、生物剂等材料组成。系统具有一定的抗冲击波、光热辐射、核辐射影响的能力,如采用光缆传输以提高抗核电磁脉冲能力。关键专用软件应进行程序固化,以增加生存能力。

(9) 软件要求

- 软件必须满足系列化、标准化、模块化要求,便于功能开发和便于系统向上兼容。

- 系统软件和通用支撑软件尽量采用民品成果。
- 应用软件的设计必须与系统资源相适应。
- 应进行模块化设计,系统功能扩充时不应影响软件的整体结构和运行。
- 软件应有安全保密措施。
- 软件开发、软件文档、软件质量保证按有关规范执行。

(10) 情报收集与处理

能在合成集团军范围内对地面、海面、低空目标进行探测、识别和定位,战场情报侦察设备能在各种环境和地区使用。还要考虑防空情报信息收集及处理。

(11) 电子对抗技术要求

① 通信对抗

通信对抗包括对敌纵深通信的侦察测向、干扰能力。能对中、高速跳频通信信号快速搜索截获或干扰。

② 雷达对抗

雷达对抗包括对敌雷达侦察频率、侦察距离、定位精度及信号处理能力等。

③ 光电对抗

光电对抗包括对敌侦察的波长、测向精度、侦察距离及干扰等。

(12) 指挥控制战术技术要求

对情报收集和处理系统送来的情报进行筛选、对比判断、综合处理,并把处理后的情报信息自动分发到指挥所各参谋席位上和相关单位,提供决策支持。

能方便地起草、编辑、修改、传输、处理、分发、显示、存储和复制文电。能进行信息的存储与检索,能对作战方案进行评估,帮助指挥员正确决策,对下述指挥所下达作战命令。

能帮助参谋人员完成各种业务计算和文书作业。

3.4 合成集团军野战机动综合电子信息系统分系统轮廓和功能特点

3.4.1 指挥（所）控制分系统轮廓和功能特点

该分系统的主要功能是：

- 收集野战防空分系统、电子战分系统、战场情报侦察分系统、上、下级作战指挥部门以及友邻部队等方面送来的情报信息，进行综合处理，提供情报的动态态势图显示；
- 进行情报分析和威胁估计；
- 作战文书的快速起草和文电的快速传递传送与自动收发；
- 资料的存储与检索；
- 具有数字地图库，并能进行地图的快速输入；
- 建立多种军事专家系统，可进行辅助决策。

指挥控制分系统主要由下列技术子系统组成：

- 情报处理子系统；
- 文电处理子系统；
- 资料存储与检索子系统；
- 决策支持子系统；
- 参谋作业子系统。

各技术子系统的主要功能特点如下：

（1）情报处理功能

要提高情报处理中的分析对比判断能力及目标识别能力。建立情报综合处理专家系统，增强情报处理的自动化程度。

（2）文电处理功能

进一步提高文电起草、传输与处理的速度。

(3) 信息存储与检索功能

建立分布式数据库, 实现信息的分布存储与检索。

(4) 决策支持功能

建立战役作战指挥专家系统, 建立应急事件专家系统, 提高决策支持的实用性。

(5) 参谋作业功能

进一步提高参谋作业自动化程度。建立参谋作业中的辅助决策支持系统。

(6) 系统结构配置方面的特点和功能

系统是积木式结构, 具有灵活配置能力, 可根据不同的作战任务配置成相应规模的指挥所。具有重新组合功能, 从而使系统具有很强的抗毁能力。

(7) 安全保密功能

具有严格的防电磁防泄漏措施。具有防止计算机病毒的措施。数据库具有防窃、防破坏的严密措施。信息传输中具有严密的安全保密措施。

3.4.2 火力支援分系统的轮廓和功能特点

火力支援分系统主要是完成集团军地炮作战指挥(含地—地导弹射击指挥)、武装直升机的作战指挥, 可以满足大纵深、大地域内作战指挥的需要, 它是合成集团军综合电子信息系统中的一个小C³I系统。

地炮指挥系统(含地—地导弹指挥, 以下同)主要由侦察情报处理子系统、战术技术指挥子系统、野战通信网及数据传输显示子系统、测地车、气象站等组成。

武装直升飞机指挥系统主要由武装直升机指挥中心情报收集处理子系统、空中与地面通信子系统、空中情报侦察和指挥子系统等部分组成。

分系统主要功能特点之一是实时性强,反应速度快。火力支援分系统主要是完成集团军地炮作业指挥、武装直升飞机作战指挥的空地一体化指挥和火力支援,满足大纵深、大地域内“硬杀伤”武器的作战指挥需要,提高“硬杀伤”武器的反应速度,这必须具有很强的实时性,及时地提供最佳火力决策,提高部队的战斗力和生存能力。就要求侦察情报分析与处理子系统必须具备很强的实时分析与处理能力,正确、快速地判别目标真伪、目标重要程度等。同时要求将处理结果安全、快速、准确发往有关指挥所。因此,火力支援分系统对通信网络、数据传输等的实时性要求也很突出。各有关指挥所在接收到情报信息后,立即要进行繁重的司令部工作。根据攻防战斗需要,由计算机专家系统拟制最佳火力计划、机动计划,提出使用“硬杀伤”武器的建议,火力运用方案,必要时提出放射性微粒沉降预报等等。并要编拟相应的战斗文书,下发到各实施分队。这些工作目前急需自动化设备,提高作战指挥效能,从而可以大大缩短“硬杀伤”武器的反应时间,提高战斗效能。

该分系统的第二个功能特点是良好的通信控制功能。根据现代战争的需要,野战高速通信网必须是机动、灵活、实时、保密等性能优良的通信网。使各种战术数据、数字地图、攻防态势图等通信网中可靠地进行传输,以保证我“硬杀伤”武器更好地发挥突然、猛烈的压制能力。

第三个特点是具有较强的图像图形显示功能。可显示主要战斗分队的情况,战斗图表,军用地形。

第四个特点是语言输入功能。由于地炮作业种类较多,需要输入的信息量相当大,要求的实时性又很强,快速语言输入对提高反应能力是有益的。

武装直升飞机指挥控制系统重要特点是系统可用于空地一体化的高空作战、后方作战、近距作战、武装支援等。近距作战主要用于师、团级;高空和后方作战主要用于军。武装支援主要是武装直升飞机指挥中心配合集团军各级指挥所支援被围困或需要紧急求

援的己方部队。还可在空中对敌人活动情况进行侦察等。可用于白天、夜间的战斗环境。

3.4.3 电子战分系统的轮廓和功能特点

设想中的合成集团军野战电子战分系统由通信对抗、雷达对抗（及光电对抗）几部分组成，现分述如下。

1. 通信对抗分系统的轮廓

通信对抗分系统的战术使命是：通信对抗分系统在合成集团军进攻和防御作战及近海作战中，能执行下列战术使命：

- 对敌摩托化（坦克）师的师团营通信实施侦察测向干扰；
- 对敌摩托化（坦克）师的前沿（营以下）部队通信实施侦察干扰；
- 对敌地面部队军师纵深通信实施侦察测向干扰；
- 对敌山地高原作战通信实施侦察测向干扰；
- 对敌地面部队——航空兵通信实施侦察干扰；
- 对敌后方基地——作战机群的通信实施侦察干扰；
- 对敌海面舰队通信实施侦察测向干扰。

通信对抗分系统主要技术特点如下：

（1）单机设备向模块化、通用化、系列化、标准化方向发展。新的通信对抗分系统，其主要设备是相似的。硬件研制和软件设计应注意通用化、标准化和多用途要求，采用组件化模块化设计和积木式结构，以便灵活地扩展设备或系统功能，开发更新或改型产品。

（2）减少频段划分，研制超宽频段设备。

（3）以对抗中高速跳频通信作为主攻方向。

（4）分系统应以对抗中高速跳频通信作为主要目标，攻克跳频信号的搜索截获、分选识别、测向定位和快速跟踪干扰等方面的技术。

(5) 向侦察测向干扰多功能一体化方向发展。

即把侦察功能部分、测向功能部分和干扰功能部分综合到同一个平台上,且能同时工作。这样不仅可以大大减少系统装备数量、简化内部、提高系统工作可靠性、保密性,又能提高系统的反应速度、机动性和抗毁性。

(6) 面向陆海空三军,积极发展多种运载方式对抗手段。

陆军主要是地面车载式的,分系统应兼顾陆海空三军,积极发展多种运载方式的通信对抗手段,除了先进的地面设备外,还要大力研制机载、舰载和各种掷投式通信对抗设备。

(7) 逐步向自动化、智能化方向发展。

(8) 新的通信对抗分系统要更广泛采用数字技术、计算机和微机技术,进一步提高系统的自动化程度和快速反应能力。

通信对抗分系统由下列主要部分组成:

(1) 分系统指挥控制中心。

(2) 地面车载(方舱式)通信对抗子系统。

(3) 升空式通信对抗子系统,其中包括:直升机机载通信对抗部分、无人机机载通信对抗部分、电子战飞机机载通信对抗部分、飞航式通信对抗部分、升空式通信对抗子系统地面控制中心。

(4) 便携一掷投式通信对抗子系统,其中包括:便携式通信对抗设备、摇控摆放式通信对抗设备、火箭(火炮)投放式通信对抗设备、便携一掷投式通信对抗子系统控制中心。

(5) 舰载通信对抗子系统。

2. 雷达对抗分系统轮廓

雷达对抗分系统由指控中心、地面装备和空中平台三大部分组成。指控中心统管地面的、空中的各种雷达对抗装备。空中各个平台的信息、数据通过对空战术数据链和中心相连,而地面的各车载装备的信息、数据通过对地战术数据链和中心连接,指控中心把各

个分散的侦察站送来的数据进行相关处理与显示，并与战区雷达网互通情报，区内出现新的威胁目标及拟定对抗决策上报到军指挥所，接受统一指挥。

地面的侦察定位、干扰装备多数是车载的，其配置是为了经常地对地面的、空中的雷达辐射状态进行监视、搜集情报。其中便携式的装备系列要适应山地作战，以满足高山地区周边战争的需要。

地面部分配置的装备有：车载侦察定位识别系统、轻便型定位系统、轻便型电子情报侦收设备、地对空多波束干扰系统、地对地干扰机、激光/红外侦察干扰站、引信侦察干扰站，还有便携式侦察设备、投掷式干扰机、雷达信号环境模拟训练器及地面战术链等。

空中平台是以直升机平台为主体，增加了机动能力，这种配置可适应未来“空地一体化”作战模式。空中部分配置的平台有：直升机侦察定位站、系统升空平台侦察/干扰站、直升机侦察引导站（对反辐射导弹）、无人驾驶飞机侦察设备、直升机有源/无源干扰站。

雷达对抗分系统作战能力与特点是，分系统可配属于集团军雷达对抗分队，可担负合成集团军进攻和防御作战时的电子对抗保障任务，可完成如下战术使命（或能力）：

对敌前沿炮位校射雷达、活动目标侦察、测定雷达技术参数，并定位，为火力或干扰指示目标，为作战计划制定提供雷达情报位置的依据。

配合己方前线航空兵突防，用干扰压制敌方浅近纵深的地对空导弹制导雷达、炮瞄雷达等或空中平台的侦察引导设备，用反辐射导弹将雷达摧毁。

配合夜战防空，用侦察定位（无源探测）增强对空警戒能力；干扰敌低空、超低空飞机的导航、地形回避雷达、迫使敌机爬高、增加我防空预警时间，提高防空火力射击效果；干扰敌机机载轰炸瞄准雷达、空一地导弹制导雷达，掩护重要的点目标免遭攻击。

对敌光电器材和激光制导武器进行侦察告警、干扰，掩护己方部队行动和免受激光制导武器的攻击。

3.4.4 野战防空分系统的轮廓和功能特点

野战防空分系统的主要功能是搜索敌人来袭空中目标的情报，对情报进行综合处理，进行目标识别和威胁估计，作出防空决策，进行火力分配，指挥高炮、地空导弹部队作战，或请求空中支援作战，同时指挥广大部队采取防空措施。

野战防空分系统主要由以下几个子系统组成：

- 雷达子系统；
- 雷达情报处理子系统；
- 军（师）防空指挥子系统；
- 旅（团）高炮地空导弹作战指挥子系统；
- 营（连）高炮、地空导弹指挥控制子系统。

分系统的主要功能特点是，配置几种高性能、高机动防空雷达。雷达情报处理子系统具有“情报处理能力强、自动和半自动情报综合方式、能为陆航提供作战引导情报、容错处理功能”的特点。

军（师）防空指挥子系统应具有的功能特点：

- 具有很强的情报处理能力；
- 能对高炮、地空导弹防空作战、兵力使用等进行辅助决策；
- 经过分配后的目标能对旅（团）、高炮、导弹情报指挥系统指示目标；
- 能为陆航提供相关信息；
- 能对全军（师）部队进行防空指挥，采取各种防空措施，进入防空状态。

旅（团）、营、连高炮地空导弹子系统应具有的功能特点：

- 系统响应速度快；
- 系统覆盖范围大；
- 系统容纳的网络节点数多；
- 具有雷达情报综合处理专家系统；

- 具有高炮和地空导弹防空作战兵力分配、武器控制等辅助决策功能；
- 系统可靠性高；
- 具有快速文字与地图处理能力。

3.4.5 战场情报侦察分系统的轮廓和功能特点

战场侦察分系统情报获取手段向多样化方向发展。因而，敌方目标发现概率和情报可信度大幅度提高。它加强了中远程的侦察能力，传递和处理情报的能力也大大提高，分系统的抗毁性和抗干扰性以及分系统的智能化程度也有很大提高。分系统除利用分系统内的侦察手段获得情报外还将利用其他军兵种送来的情报进行多源处理，然后再提供给军指挥所及其它军兵种应用，这样不仅提高了情报的可信度，而且充分发挥了情报应用的价值。

另外，分系统中的情报传递及处理子系统分为两部分：情报传递及处理部分。情报传递部分可以用模拟网，也可以用数字网，并能适应各种规模和级别的用户；情报处理部分将能进行情报多源处理，并要逐步提高其智能化程度。

其他探测器有雷达、可见光电视、红外等手段。其中雷达可增加高原、山地、边境监视雷达和丛林雷达以适应边境及不同纬度地区作战的需要。电视和红外侦察手段将有较高的分辨率。此外还有多传感器系统，它利用声、光、磁等物理特性来探测目标，因而增加了目标物理特性的覆盖，提高了目标的识别能力，它是对重要目标及交通要道监视的好手段。

3.4.6 野战综合通信分系统的轮廓和功能特点

野战综合通信分系统是合成集团军野战电子系统中的一个重要组成部分，是各级指挥员和各种战斗力量赖以传递信息的公共载体。它在战术 C^3I 中有着举足轻重的作用。它可将各种通信手段、

各种业务方式相结合提供综合的通信保障能力。

1. 系统总体结构和组成

野战综合通信系统应在一个集团军作战地域内配置几十个以上干线交换节点和多个入口节点、多个双工移动通信分系统,多级网络管理。具有抗毁性好、机动性高、保密性强,能够实现有、无线结合,固定与移动通信相结合,单双工互通,各种通信手段和业务相综合的战役、战术通信系统。系统结构灵活、配置方便,既能综合组网满足合成集团军的作战指挥,又能利用部分设备或分系统组成不同形式规模的网络,满足不同部队的不同需求。

野战综合通信系统可由单工无线电网、战术卫星通信网、干线节点网、双工移动通信网、数据分组交换网以及空中转信分系统数据分发与定位系统等组成。

2. 系统功能

(1) 抗毁性。多个网络被破坏后,系统仍应能保证主要作战部队的指挥。

(2) 机动性。系统全部装车,干线节点开设时间不大于规定时间,入口节点和双工移动无线通信系统中心台开设时间小于规定时间。

(3) 保密性。全网无线传输设备均具有加密能力,部分终端设备本身加密。

3. 系统工作性能

(1) 系统覆盖范围及用户容量方面。系统覆盖地域广阔,系统可以容纳几千个固定用户和移动用户。

(2) 全网应实现自动数字交换,自动选择路由,有多级优先等级。网内所有用户不论其位置在什么地方,每一用户只有唯一的电

话号码, 特殊用户特殊业务的接续时间应更短。

(3) 系统业务种类应有话音、文电、传真电报、数据、图像等业务的传输与交换。系统可实现数据分发与定位。

4. 系统特点

(1) 设备系列化, 可以灵活组网。

(2) 通用性好。所有设备可按系统组网使用, 各设备或各分系统也可单独使用满足不同作战需要、不同地理环境对通信的要求。系统不仅可以满足平原、丘陵、大兵团作战需要, 也可满足山区、丛林、边防、海岛部队的作战需要, 也可满足各兵种对通信的需求。

(3) 具有综合能力。实现综合业务, 设备也要综合化, 使得一项设备能兼有多种设备功能。

(4) 智能化程度提高, 设备的监测手段加强, 设备的硬件成分下降而软件成分增加。

(5) 有更好的电磁兼容性。

(6) 保密能力加强。

(7) 通信容量增大, 有协同通信能力。

(8) 安全性、可靠性、抗毁性好。表现在设备本身和网络结构以及为满足这些要求设备应具备的技术要求。

(9) 网络设备基本配套, 系统功能趋于完善。

(10) 系统结构基本可体现移动与固定相结合, 有线与无线相结合, 单工通信与双工通信相结合, 野战通信网与国防网互联。基本形成各种通信手段、各种业务方式相综合的非常实用的综合通信系统。

3.4.7 合成集团军后勤支援信息保障分系统轮廓及功能特点

未来合成集团军野战综合电子系统中, 后勤保障对战争的胜负起着举足轻重的作用。随着科学技术的发展, 未来的战争将是“闪

电式”的，是多军兵种的全面对抗，这对后勤部门提出了更高的要求。因此，没有一个自动化的后勤支援电子信息系统，是不能赢得战争胜利的，本分系统应当包括以下几个子系统：

- 物资保障子系统；
- 交通运输保障子系统；
- 技术保障子系统；
- 卫生保障子系统；
- 后勤指挥控制子系统；
- 信息传输和处理子系统等。

本分系统有以下的功能特点：

- 分系统可以收集、处理、检索后勤情报及各部门的资料。
- 收集及处理反映部队和仓库中物资库存及流动情况的信息，以及军需、财物、军械、弹药、运输、油料、医疗、工程等任务情况的信息。
- 能迅速、准确地进行部队后勤保障计划所需的各种统计计算工作。
- 制定和选择后勤管辖范围的优化保障方案与计划。
- 处理后勤指挥和管理所需要的各种作战文书和业务文件，进行后勤业务管理。
- 对后勤战斗保障措施和所需人力物力进行计算，定出最佳方案。
- 本分系统采用模块化设计，便于组合成不同形式的系统可应用于不同作战环境。
- 系统能进行话音、传真、数据、图像的传输。
- 系统具有文电、图形处理，数据库管理和辅助决策功能。

3.4.8 气象、测绘、工、化（核、生、化）信息保障分系统轮廓及主要功能

气象、测绘、工、核、生、化等信息保障部分在未来合成集团

军中是不可缺少的。它们为部队作战提供及时可靠的保障服务。现分述如下。

气象信息保障子系统能为合成集团军各部队进行作战指挥提供区域大气实况、卫星云图资料、气象预报和其他气象资料，并能对作战区域的天气情况不间断地监测。主要功能是：

- 气象信息和资料的监测和收集；
- 信息的综合处理；
- 向各有关部队提供气象资料和信息。

测绘信息保障子系统应能及时接收、存储、管理、分发由测绘中心提出的和各测绘部队获得的测绘资料，保障各种军用地图和态势图的自动生成、快速传递和显示，以保证各级指挥员和作战部门的要求。主要功能如下：

- 测绘资料 and 信息的收集；
- 自动生成各种军用地图和态势图；
- 地图和态势图的传递和显示。

工兵信息保障子系统在未来合成集团军作战中十分重要。它担负工兵部队在执行架桥、开路、开辟掩体、布雷等重任务中的信息传递和指挥控制。主要功能有：

- 收集工兵情报；
- 情报信息综合处理；
- 作出判断；
- 上报信息和接收指挥所指令；
- 实施对工兵部队的指挥、控制。

信息业务种类有：话音、图形、数据表格、传真等。

核、生、化监测与防护管理子系统主要任务是监测和测量作战区域核、生、化污染情况，并将这些污染信息采集后进行分析处理送指挥中心采取相应措施。主要功能有：

- 污染源信息的采集；
- 信息的传输；

- 信息的综合、分析、判断；
- 采取的相关措施。

信息种类主要是数据、话音、传真，要求实时性强。

3.5 合成集团军野战机动综合电子信息系统主要技术

3.5.1 系统总体主要技术

合成集团军电子信息系统总体主要技术如下：

(1) 合成集团军电子系统总体规范技术

- 总体技术概念和总体技术规范研究
- 总体模拟技术和系统效能评估研究
- 系统标准体系和系统软件规范研究

(2) 合成集团军电子系统互通性技术

- 数据通信规程协议等及其一致性测试技术
- 系统间“信关”技术
- 信息分类管理和信息传输交换代码
- 人机界面技术

(3) 合成集团军电子信息系统电磁兼容性技术

- 野战条件下的电磁兼容性测试
- 战场电磁环境监测、干扰分析预测
- 无线电频率规划、指配和管理

(4) 合成集团军电子信息系统抗毁性技术

- 系统环境适应性技术
- 多介质本地网抗毁性技术
- 分布式数据库和系统软件兼容性技术

- 系统信息采集、信息传输、信息处理中多种手段的应用技术
- (5) 合成集团军电子信息系统指挥控制功能技术
- 作战模拟技术和系统监控技术
- 军事系统辅助决策、专家系统及军用智能终端技术

3.5.2 分系统主要技术

(1) 指挥(所)控制分系统主要技术

- 系统总体结构技术研究
- 可靠性技术
- 操作系统选型及语言开发
- 分布式数据库技术
- 显示技术
- 战术终端技术
- 图形处理技术
- 决策支持技术
- 信息的安全保密技术

(2) 火力支援分系统的主要技术

- 战术软件、军用高级语言选择与应用技术
- 数字地图技术
- 高分辨率彩色显示器、图形输入仪、数字标图等技术
- 地炮情报处理技术
- 电磁兼容技术
- 武装直升飞机控制子系统实现技术
- 机一地、地一地信息传输和处理技术
- 被支援部队与武装直升飞机指挥控制中心及各级指挥所间的互通性技术

(3) 电子战分系统主要技术

- ① 通信对抗分系统主要技术

- 通信对抗分系统总体设计技术
- 通信对抗作战对象分析
- 通信对抗仿真技术
- 卫星通信对抗技术

② 通信对抗分系统侦察、测向、干扰多功能一体化技术和设备综合控制管理技术

- 对跳频通信的侦察技术
- 对跳频通信的测向定位技术
- 对跳频通信的干扰技术
- 宽频带固定大功率合成技术
- 宽频带小型化天线技术和自适应天线技术
- 掷投式通信对抗技术

③ 雷达对抗分系统主技术

- 雷达侦察、干扰总体技术
- 毫米波对抗技术
- 无源对抗（含反雷达伪装）技术
- 红外、微波侦察干扰总体技术
- 雷达信号细微特征提取技术
- 超宽带瞬间测频技术
- 投掷式干扰机技术
- 多目标无源定位技术
- 反辐射导弹导引中的宽带接收和记忆技术
- 炮弹引信、侦察干扰技术
- 数字化波束形成技术
- 人工智能在电子战中的应用技术
- 多传感器情报收集相关处理技术

(4) 野战防空分系统主要技术

- 分系统总体研究与仿真技术
- 情报综合处理技术

- 图形、图像技术
 - 语声输入多种人机交互技术和多功能显示控制技术
 - 野战防空专家系统与辅助决策技术
 - S 波段全固态发射技术
 - 高机动雷达轻小型化快速自动架设技术
 - 超低副瓣天线技术
 - 智能决策模型软件
 - 野战高炮、导弹指挥系统优化模拟仿真软件
 - 野战条件环境适应性技术
- (5) 战场情报侦察分系统主要技术
- 战场情报系统总体与系统仿真技术
 - 目标特性研究和目标识别技术
 - 微波成像技术
 - 电磁波丛林特性
 - 高分辨率战场侦察电视
 - 情报数据自动汇集技术
 - 军事情报专家系统技术
 - 多功能通用终端技术
 - 自动军用地图分层技术
- (6) 野战综合通信分系统主要技术
- 野战综合通信分系统作战保障能力计算机模拟
 - 野战地域通信网网络管理技术
 - 野战综合通信分系统电磁兼容技术研究
 - 野战综合通信分系统抗毁性、可靠性指标分配技术
 - 双工移动通信系统的抗干扰技术
 - 数据分发与定位系统技术
- (7) 后勤支援信息保障分系统主要技术
- 后勤支援信息分系统总体技术与系统仿真
 - 后勤支援专家系统技术与辅助决策技术

- 后勤信息数据库和信息分类编码研究

(8) 气象、测绘、工、化（核、生、化）信息保障分系统主要技术

- 气象、测绘、工化信息保障分系统总体技术
- 军事气象保障信息技术
- 军事测绘自动化系统技术
- 核、生、化监测与防护管理系统的总体技术
- 野战电子系统设备防核、生、化技术
- 野战条件下工兵信息系统的保障技术

第 4 章 陆军特种作战部队指挥控制信息系统技术

4.1 未来陆军特种作战数字化部队指挥控制信息系统技术

4.1.1 概述

现代战争中特种部队及其遂行的特种作战任务越来越复杂、艰巨。当今世界科学技术和新军事革命的发展极大地推动着特种作战数字化部队的建设和发展。为了加强特种部队在高技术条件下独立作战和联合作战的能力，建设特种作战数字化部队是必要的。特种作战数字化部队不仅用于战时，而且可用于反恐和维护社会稳定。

4.1.2 系统应体现的原则

(1) 无缝信息支持

其实质就是从信息的获取（各种手段、各种时空域、各个层次）、信息的传递（各种手段、各种时空域、各种频段实现信息的畅通性）、信息的共享（各相关系统、相关单位或个人及武器系统对信息的共用）、信息的处理（各个层次、各种类型信息的分级处理与综合处理，要使各种信息产生的代码格式、执行的通信协议统一规范和标准，实现互操作）、信息的分发（分发给所需的各功能系统、指挥系统、相关单位或个人及武器系统等）、信息的安全保密等都

是“无缝”的，即在合适的时间，合适的地点，提供合适的信息给相关单位和个人。

（2）无缝网络支持

无论指挥员、参谋人员、不同作战单元组织，还是普通单兵，他们在合适区域、合适的时间，都可方便入网。

（3）要实现从典型传感器到典型武器平台的无缝信息支持的快速反应

即信息的处理必须是自动化的（必要时可人工干预和决策）。其发展趋势就是在未来高技术信息化战争与立体化联合作战中在技术上实现从传感器到武器平台的全方位信息支持与快速反应。

（4）提高部队战场态势的共享能力

通过近实时的感知态势，随时了解自己、敌人、友邻在哪里。增强战场上敌我识别能力，减少误伤。

（5）应提供各作战单元间及与武器系统的互连、互通、互操作的能力。

（6）实现信息系统与武器系统的综合集成。为武器系统提供包括位置在内的精确打击目标信息。

4.1.3 系统应满足的功能和要求

1. 主要战术技术指标分类

- 系统辅助决策作战方案生成时间；
- 指挥所间（直到单兵）传输一份定量汉子的文电传输时间；
- 态势图传输时间（从开始传输到态势图显示出来）；
- 系统传输的信息类型包括话音、文字、静图、视频、图形、数据；
- 系统检索响应时间（从开始检索到检索的内容的第一个字符显示在屏幕上）。单机检索平均响应时间与最长响应时间；

本地（局域网范围）检索平均响应时间与最长响应时间；异地（广域网范围）检索平均响应时间（不含传输时延）与最长响应时间。

2. 主要功能要求

（1）与军兵种火力系统接口，实现与军兵种火力系统的互连、互通。

（2）能提供特种作战远程通信能力，确保敌后侦察与敌后作战的通信保障。

（3）传感侦察功能

提供适用于战役或战术侦察的手段，包括远距离、多谱段、多种类、多平台侦察与监视能力及单兵携带侦察与监视能力。

（4）定时定位、敌我识别功能

区别敌我和友邻、实施目标询问、应答和目标情况显示。实施有效打击，避免误伤。

（5）安全保密功能

提供野战环境下信息的安全和保密措施，能进行用户鉴别授权，防止攻击和非法入侵进行信息加密并能实现野战单兵设备信息自毁与远程销毁。保证信息的可靠使用。

（6）指挥控制能力

- 接受总部和上级指挥机关直接或间接的指挥，向总部和上级指挥机关报告战场情况；
- 辅助首长或参谋人员拟制作战方案、计划、战斗命令和指示，标绘、显示战场态势，实现特种部队内部指挥；
- 辅助生成战场情况报告并上报；
- 与友邻部队和地方组织交换作战指挥信息，为作战提供信息保障及获取地方组织的战勤、战场支援；
- 能为作战单元（如旅及旅以下）车载、机载等机动的战斗部队、战斗支援部队、战斗勤务部队各级指挥员直至单兵、载体单元

等提供近实时的作战指挥信息态势感知能力和定时定位能力。

(7) 情报处理与分发能力

- 接收并交换同上级、友邻部队和地方组织的情报，为特种作战提供情报保障；
- 与特种作战部队传感侦察手段进行接口，采集传感侦察获取的情报并进行处理，形成战场情报；
- 综合上级、友邻部队、地方组织以及本部队获取的情报，形成战场情报，发送给相应的指挥机构和情报使用人员。

(8) 火力协调与支援能力

提供火力协调与火力支援的信息支持手段，为合理协调打击及快速准确得到各军兵种火力打击的支援提供保障。

(9) 战勤支援能力

对特种作战的战勤数据进行分析，为各级指挥员提供有关后勤、装备以及其他野战勤务方面的信息。

(10) 通信网络传输和系统互通互联能力

- 提供语音通信和信息传输支持能力，连通特种作战部队的各级指挥机构直至单兵，实现特种作战部队内作战指挥、情报等信息的传输；
- 与战略通信网或民用通信网接口，实现与总部、军兵种、友邻部队指挥系统及地方组织的互连、互通。

(11) 对机动车辆及单兵在战场上的位置定向、指示行动路线、定位精度等的指标要求。

3. 使用要求

(1) 机动性要求

营以上单位所用设备、主要以车载方式运载和工作；运载车辆可以通过飞机进行运输。营及以下部队所用设备应可以通过机降等方式展开使用。

(2) 灵活性要求

系统可以根据任务情况灵活组合使用。

(3) 其他（如抗毁性、可靠性等）要求

4.1.4 系统组成

1. 特种部队作战单元（如旅及其以下）指挥控制系统物理组成

整个系统由作战指挥单元（如旅）指挥中心（可包括基本指挥所、前进指挥所、后勤支援指挥所、预备指挥所）、下级指挥所（如营，可有多种类型指挥所）、基层指挥站（如连排，每个营可辖多个连排指挥站）、便携指挥终端（如班，每个连排站可辖若干班便携指挥终端）、单兵终端组成。

需要指出的是，每个不同作战单元都可以单独完成和执行相应任务的功能。都可以实现侦察、定位、通信、显示、指控一体化。

系统基本指挥单元的下属单元可有：各类信息搜集单元、作战信息保障单元、综合信息传输服务单元、信息处理基站单元、各级各类指控系统单元、武器控制单元等。

基本指挥单元还要同地方单位、友邻单位及上级单位发生联系。上述相关部分的含义如下：

(1) 各类信息搜集单元

包括各种类型传感器，负责实时搜集各类信息。

(2) 作战信息保障单元

提供所掌握的情报侦察、气象、地理、人文社情等信息。

(3) 综合信息传输服务单元

提供信息一体化所需要的通信网格体系。支持固定或移动中的不同地点不同用户随遇入网，能满足不同密级的信息传输需要。

(4) 信息处理基站单元

信息处理基站是信息支持系统的核心。它是在一定地域内能对接收到的所有情报及作战指挥信息进行存储、处理和分发，可管理

并支持作战所需的层次、不同种类信息的订阅和分发的需要。

各个信息处理基站的信息有一定的相互冗余；所有按地域分布的信息处理基站的信息集合构成完整的战场信息空间，所有信息处理基站构成了一体化信息支持系统逻辑上的信息服务平台。

（5）各级各类指控系统单元

各类指控系统是一体化综合信息系统的直接服务对象。同时也向一体化综合信息系统提供其本身所掌握的信息情报以及所在部队人员、装备、后勤等方面信息。它们扁平地接入到一体化综合信息系统中。

（6）武器控制单元

武器控制单元是指具有智能化的、可以上网交换信息的武器装备。这类装备可以是一体化信息系统直接的信息用户，同时也可以通过与其相关指控单元从一体化信息系统获取信息。

非智能化的武器单元受相应的指控单元或人控制，并通过指控单元或人获得一体化信息系统的信息支持。

2. 特种部队作战单元（如旅及其以下）指挥控制系统中各相关指挥单元主要设备组成

（1）作战单元（如旅）基本指挥所主要台位设备

作战指挥与辅助决策台位、综合信息处理台位、态势感知综合显示台位、数据库台位、系统监控与定时定位台位、内部通信网络设备、对外通信与接口设备、电源设备等及车辆载体。

（2）下级（如营）指挥所主要台位设备

作战指挥与定位台位、综合信息处理与数据库台位、态势感知综合显示台位、内部通信网络与电源台位、对外通信设备等及车辆载体。

（3）基层指挥站（如连排）主要台位设备

作战指挥与定位台位、信息处理与数据库台位、态势显示台位、内部通信网络与电源台位、对外通信设备等及车辆载体。

(4) 便携指挥终端（如班或单兵）主要设备
便携指挥终端、小功率电台和手持通信终端等。

3. 特种部队作战指挥控制信息系统技术分系统组成

系统可有如下技术分系统组成：

- 作战指挥与辅助决策技术分系统；
- 信息收集与情报处理技术分系统；
- 态势感知与综合显示技术分系统；
- 系统监控与定时定位技术分系统；
- 信息传输与文电处理技术分系统；
- 图形图像处理技术分系统；
- 软件开发与软件测试技术分系统；
- 安全保密技术分系统；
- 环境支持技术分系统。

4.1.5 系统涉及的主要关键技术

本系统涉及传感、侦察、定位、情报处理、通信传输、指挥控制等技术，主要技术有：

- 系统的总体技术（如系统需求研究、系统体系结构研究、系统指标体系研究），实现系统三互（互连、互通、互操作）的相关规范、标准研究，系统效能评估研究等；
- 系统作战指挥辅助决策支持技术；
- 作战指挥软件体系结构研究；
- 作战指挥应用软件技术；
- 多信息综合处理、显示及分发技术；
- 多传感信息的获取技术；
- 数字化单兵系统技术；
- 多源情报信息的融合技术；

- GIS 在系统中的应用技术;
- 系统信息在地图上的综合表达实现技术;
- 传感器到武器射手间的信息流程研究;
- 系统中分布式数据库与数据的一致性实现技术;
- 数据链、信息栅格、战术互连网在系统中的应用技术;
- 系统中一系列标准、规范、协议及信息格式的一致性技术;
- 信息系统与武器系统的综合集成技术;
- 人机交互、人机界面的规范及一致性实现技术;

4.2 陆军一体化实时战场态势感知数字化战斗指挥系统

4.2.1 系统概述

(1) 战场态势感知

战场态势感知是美军随着信息技术特别是信息探测技术的发展以及新军事革命理论的深化而提出的一个新概念。它是指指挥所有参战部队和支援保障部队利用各种监视设备,实时掌握战场空间内的敌、我、友各方兵力部署、武器装备及其动向,及时了解地形、气候、水文等战场环境信息。在网络中心战条件下,态势信息可有效转化成战斗力,战场的主动权和战斗的胜利在很大程度上取决于态势感知的获得。

战场态势感知主要包括三要素:信息获取、精确信息控制和一致的战场空间理解。因此,除传统的侦察、监视、情报、目标指示与毁伤评估等内涵之外,战场态势感知还包括信息共享以及信息资源的管理与控制。

(2) 21 世纪部队旅和旅以下作战指挥系统(FBCB2)

FBCB2 是旅和旅以下部队的数字化作战指挥系统,是美军新一

代陆军野战部队的作战指挥系统，该系统是美军在伊拉克战争中的数千辆装甲车、坦克和直升飞机上的标准装备。此系统的基本组件包括计算机硬件/软件、GPS 接收机和通信接口。该系统的主要功能是为指挥官、小分队和单兵显示敌我位置、收发作战命令和后勤数据，为部队提供近实时态势感知能力。有了这个系统，坐在配有 FBCB2 终端的车辆或飞行器上的军官和士兵，可以随时知道自己和其他车辆及飞行器的位置，即使黑夜或恶劣天气条件下也是如此，避免了过去经常发生的彼此碰撞和被自己的友军误伤事件。

FBCB2 接收来自定位设备的信息，在数字地图或卫星图像背景上显示出平台的位置。所有装备 FBCB2 的平台都可快速准确地共享关键信息，从而生成一幅蓝军跟踪态势图，该态势感知图也可提供给战术作战中心和指挥中心。蓝军态势感知是完全自动的，点击蓝色图标可显示更加详细的信息。FBCB2 用户还能发送简单的文本报文，还能在该系统与机动空中系统（MCS）和全信源分析系统（ASAS）等其他系统直接发送指挥与控制报文。此外，该系统还接收和传送有关敌方地理位置的报告以及后勤的指挥控制信息，这些数据有助于生成通用的战场作战态势图，实现作战空间的可视化。

（3）美军的全球广播业务和战场感知与数据分发系统（GBS BADD）

该系统是一种信息管理系统，主要用于管理大量数据，并将数据近实时地提供给作战人员。各级战术指挥官可利用这些信息作出正确决策，并将其下达至作战人员。

该系统的主要任务是基于一种有效无缝的信息管理基础结构，为作战人员提供全面的战场感知场面能力。系统实现了作战人员对相关全球数据库的访问，为联合作战人员提供一致性的战场图像；它能够扩大并加深指挥官对战场的“观察”，增强指挥官的战场感知能力，从而支持其决策；它能够提供控制、表示、综合、融合和应用信息的能力，在各指挥层上生成并扩展战场感知能力。

美军计划通过三个阶段的先期概念技术演示，实现该系统与全

球指挥控制系统的联网,建成分布式全球信息管理系统,随时为分散在美国本土和世界各地的美军提供不断更新的陆、海、空战场综合态势图。

(4) 战场态势感知与网络中心战

美国防部认为,网络中心战不仅是一种新的作战理论,也是信息时代的基本战争形态。成熟的网络中心战可提供非对称信息优势,其中的一体化传感器网络可为部队提供共享的战场空间态势感知图,使其摆脱在特定地理位置上观察视野的局限,有助于驱除“战争迷雾”,使战场透明。美军认为,实施网络中心战,必须完全具备产生和共享高质量态势感知的能力,具备共同了解指挥官作战意图的能力,具备同步作战的能力。美国防部还强调,目前的工作重点是实现部队的网络化和提高生成态势感知信息的质量。态势感知在于提高美军的网络化和生成态势感知信息的质量。由此可见,态势感知在美军的网络中心战建设中占有重要地位。

陆军一体化实时战场态势感知数字化战斗指挥系统实质上是一个战术数字化综合信息系统技术(侦察、定位、通信网络、显示、指挥控制一体化)。其中态势感知软件可以装在指挥所及每个用户单元中,能使士兵、指挥员、武器平台等地理位置共同显示于同一显示器上。

4.2.2 系统构成和功能

其基本原理构成如下图 4.1 所示。

系统基本组成示意图如图 4.2 所示。基本组成包括情报侦察单元、一体化通信网络单元、GPS 定位、信息融合处理、战场态势综合显示、数据库与信息共享、战场态势信息发布与分发、战场指挥控制单元和各个用户单元等部分。

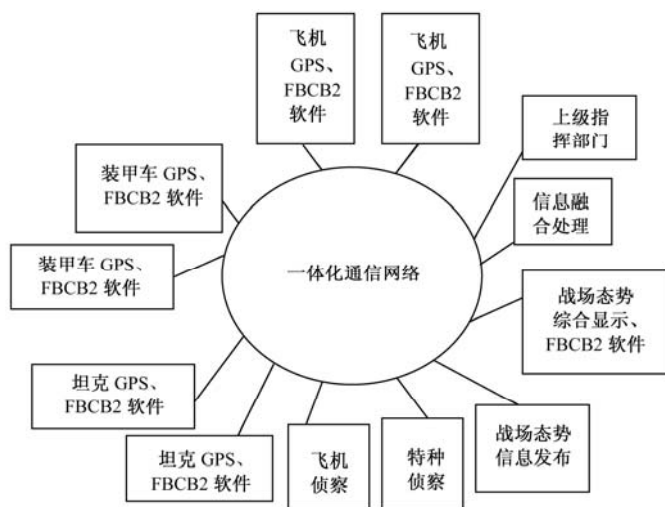


图 4.1 实时战场态势感知数字化战斗指挥系统原理构成图

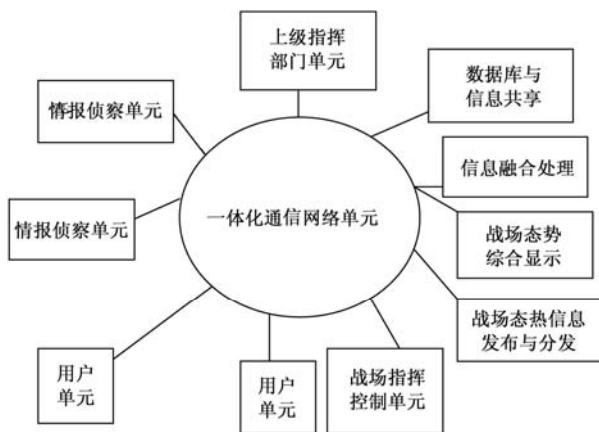


图 4.2 实时战场态势感知信息系统基本组成示意图

系统完成的主要功能如下:

- 具有为各指挥员、战斗员和武器系统提供有效和无缝的信息管理及获得战场态势感知的能力;
- 具有综合来自各种信息源和情报信息的能力;
- 具有对战斗员提供战场上联合作战的一致性图像的能力;
- 具有提供控制、表示、综合、融合和应用信息的能力;
- 具有获取、存储、搜索、浏览、查询、广播和筛选、分发信息能力;
- 能对规定的信息模式和信息形式及时作出反应的能力;
- 具有为指挥员和战斗员及各个用户提供定位的功能;
- 具有为指挥员和战斗员提供决策支持应用功能等。

其主要研究内容有:

- 战术数字化综合信息系统总体与体系结构研究;
- 多信息源信息的融合和信息综合处理技术;
- 战场综合态势的叠加显示技术;
- 战场综合态势感知和公共图像的共享技术;
- 多用户单元对无缝网络的接入技术;
- 态势感知软件研制;
- 信息的实时分发和更新技术;
- 战术数字化综合信息系统的集成技术。

4.2.3 系统应用及前景

在2003年3~4月美国对伊拉克战争中,陆军、海军陆战队的数千辆装甲车、坦克、直升飞机上都装有此技术支撑的设备(FBCB2软件)。指挥员还可以利用该系统和设备全面了解战场情况,减少决策失误。

此技术支撑的系统可以应用于各类作战单元的计算机都直接接入同一无缝网络中,系统实现了从情报信息到武器单元的无缝连

接和作战指挥信息流的快速运转。由此技术支撑的系统可实时或近实时地为指挥员、参谋人员、士兵提供战场态势感知和相互所处的位置，共享战场空间公共图像和其他信息资源。系统能实现与各指挥单元、控制及传感器系统（及其他指挥控制系统）的互操作，形成数字化战场空间与战术部队的横向和纵向集成。

这样的技术综合系统许多地方都可以应用，如以陆军为主的机械化数字化装甲部队作战或多军兵种联合作战中的海军陆战队作战中或情报侦察中的特种部队和数字化单兵作战中以及空降部队作战中，也可用于山地或平原作战中。

系统中一体化网络可以汇集多个（几十或上百、上千个）装在飞机、坦克、装甲车上的 GPS 接收机的信息，并且将这些信息同各种侦察手段获得的情报进行融合，显示战场态势。战地（前线）指挥官可以随时接收上述各单元发来的电子邮件及态势显示，实时地上网发布，不断进行更新，并可将信息传到上级指挥部门。作战中系统能实时或近实时提供战场上敌、我每个作战单元的位置，从而使每个用户可以随时得到综合的战场态势感知。其中的（FBCB2）态势感知软件可以装在指挥所及每个用户中，能使士兵、指挥员、武器平台等地理位置共同显示于同一显示器上。指挥员利用该系统和设备全面了解战场情况，作出正确决策。

未来战争将是多军兵种联合的、快速的数字化一体化战争。指挥体制和特征要向扁平化发展。本系统和技术正好适应这种情况。

4.3 以陆军为主体的应急机动 作战指挥控制信息系统

4.3.1 建设应急机动作战指挥控制信息系统的需求

冷战后期东西方关系的缓和，特别是冷战的结束，世界许多地

区安全形势进入相对稳定的时期。20 世纪 80 年代以来, 东亚新兴工业化国家的崛起和中国的改革开放与现代化建设所取得的成就, 为中国周边地区国家间建立和平合作的新型安全关系奠定了基础。但由于殖民主义统治时期遗留下来的许多边界领土争端和海洋权益纠纷依然存在, 这使中国周边地区的安全潜伏着不确定因素, 建立持久的地区和平仍面临许多挑战。冷战时期形成的一些军事同盟关系正在发展和变化, 某些军事同盟, 不仅没有随冷战的终结而消亡, 反而进一步强化, 有的甚至超过了冷战时期。有的国家试图用武力介入中国台湾事务的可能性严重存在, 以及侵占中国周边岛屿的事实, 已构成对中国安全的威胁。一些国家的国防建设超出防卫的需要, 不断加强针对周边国家的进攻能力, 在国防和军队建设上, 大力增加军费投入, 除了进一步发展陆、海、空联合作战能力和远程打击能力外, 进一步加强情报、指挥、通信能力, 并建立反恐怖部队、数字化部队, 加强对生化武器的攻击、网络攻击等问题作出反应的能力。在冷战后形成的单极世界中, 霸权主义的强权干涉已成为国际和平的重要威胁。霸权主义国家政治上的蛮横自负和军事上的优势使其使用粗暴的方式处理国际问题和干涉别国的内部事务, 对中国及其周边地区的安全构成严重威胁。中国既是一个大陆国家, 又是一个濒海大国, 拥有 22800 多公里的陆地边界线、18000 多公里的海岸线和几千个岛屿的国家, 如何确保中国领土主权和海洋权益不受侵犯, 是中国安全的中中之重。应该加强应急作战部队和应急机动指挥控制信息系统的建设。

国际上恐怖主义势力不断蔓延, 为了保护人民的生命财产安全和保持经济发展及社会生活的稳定, 各国必须联合起来共同打击恐怖主义。单靠某一或某些少数国家是不能大见成效的。世界并不安宁, 各国要做好和平与战争的两手准备, 为了用于应急作战支援, 建立应急机动指挥控制信息系统是必要的。

随着以信息技术为代表的高技术的飞速发展, 战争形态正发生着前所未有的变化, 武器装备、作战方式、战略战术和体制编制都

在发生革命性的变革,形成了席卷世界军事领域的新军事革命的潮流。为了迎接新军事革命的挑战,必须有打赢现代高技术条件下的局部战争的能力。维护祖国统一、领土完整以及边界和海洋权益不受侵犯应是我军在新时期的重要任务。这也是建立应急机动作战部队和应急机动指挥控制信息系统的需要。

正确认识国家的安全利益,是制定安全政策的基础,正确的安全政策是实现国家安全利益的保障,两者相辅相成,是确保国家安全的最基本的问题。坚持以独立自主、自力更生的原则为指导建设国防。贯彻积极防御的军事战略方针,打赢现代技术特别是高技术条件下的局部战争,是新时期积极防御的战略方针的具体化。坚持人民战争思想,建设全民性国防,中国要建设一支中国特色的现代化、正规化的革命军队。坚持质量建军、科技强军、依法治军的思想,实现军队由数量型向质量效能型、由人力密集型向科技密集型转变,提高官兵素质,加强武器装备建设,全面提高战斗力。国防建设服从和服务于国家经济建设的大局,并与经济建设协调发展。坚持以经济建设为中心,要求国防建设服从和服务于经济建设大局。同时在现代条件下的局部战争中,国防和军事实力在维护国家安全中的分量应当加重,国家必须随着经济的发展,努力增强国防实力,大大加强军队的质量建设,提高战备水平,使之符合现代条件下的国家安全需求。这就需要有灵活机动的应急作战部队,建立应急机动指挥控制信息系统也就显得非常必要。

同时,中国是一个地域广阔、人口众多、多民族、多自然灾害的国家,要保持国家内部稳定和发展经济,要改善人民生活和环境条件,必须建立应急机动指挥控制信息系统,及时地进行抢险救灾或应付局部突发事件。

4.3.2 陆军应急机动作战部队的任务使命

陆军应急机动作战部队担负着保卫国家领土完整、维护国内社

会稳定和保卫国家经济建设大局的重任。其主要任务是：防暴；打击国际、国内恐怖势力；抢险救灾；应付边境、沿海地区、特殊地区突发事件等。

系统装备可以是应急机动机械化合成步兵师（包括坦克师）和摩托化步兵师的指挥控制系统。每一类型师从编制上可分为师（旅）、团、营、连多级的作战指挥控制系统。这些系统可以整体使用，也可以分散地应用。

4.3.3 应急机动机械化合成步兵师指挥系统组成

应急机动机械化合成步兵师指挥系统组成如下：

- 师基本指挥所系统（含师指挥、情报、通信、电子对抗、火力控制中心）；
- 机械化步兵师前进指挥所系统；
- 机械化步兵团基本指挥控制系统；
- 坦克团基本指挥控制系统；
- 炮兵团指挥控制系统；
- 防空团作战指挥控制系统；
- 战术分队指挥控制系统（包括下属连指挥控制系统以及坦克车内的指控单元）；
- 机械化步兵师后勤指挥保障系统；
- 机械化步兵师装备技术指挥保障系统；
- 与应急机动通信系统配套的连接接口设备；
- 战术分队指挥控制系统与战术武器系统（如坦克、防空、炮兵、通信等武器装备）的连接设备；
- 连接上述指挥系统的野战通信系统等。

4.3.4 应急机动摩托化步兵师指挥系统组成

应急机动摩托化师指挥系统可由下述系统组成：

- 合成摩托化步兵师基本指挥所系统（含师指挥、情报、通信、电子对抗、火力控制中心）；
- 合成摩托化步兵师前进指挥所系统；
- 合成摩托化步兵团基本指挥控制系统；
- 机械化步兵团基本指挥控制系统；
- 炮兵团指挥控制系统；
- 防空团作战指挥控制系统；
- 战术分队（营）指挥控制系统（包括下属连指挥控制系统），包括：
 - 雷达情报分队雷达情报处理系统；
 - 炮兵营指挥控制系统；
 - 工兵营指挥控制系统；
 - 防化营指挥控制系统；
 - 通信营指挥控制系统。
- 摩托化步兵师后勤指挥保障系统；
- 摩托化步兵师装备技术指挥保障系统；
- 指挥系统的野战通信系统；
- 战术分队指挥控制系统与战术武器系统（如防空、炮兵、通信等武器装备）的连接设备；
- 与应急机动通信系统配套的连接接口设备等。

4.3.5 应急机动指挥控制系统应能实现的主要功能和要求

（1）系统具有能适应各类应急作战任务要求的作战指挥软件，研制应付边境、沿海地区突发事件的应急作战任务的作战指挥软件。完成内卫任务（防暴，打击国际、国内恐怖势力）和抢险救灾的作战指挥软件。比如，作战指挥软件应有：

① 应急机动方案生成软件。依据边境、沿海地区突发事件的应急作战任务，应急机动部署所需的兵力组成、编成（包括部队需

要物资、武器装备的类型、数量等)等方案生成与辅助决策软件;

② 内卫、抢险救灾等突发事件兵力、物资、装备类型与数量等方案生成与辅助决策软件;

③ 内卫、抢险救灾和抗击边境突发事件作战指挥软件;

④ 指挥控制系统与各类武器系统的信息交互与控制软件。

另外,陆军应急机动作战指挥控制系统应能适应在任何环境下的入网要求。具有多种与现有和将要装备的通信系统标准接口,实现即插即用。

(2) 系统应能适应陆军应急机动和快速反应的要求,指控系统能在短时间内完成从平时状态转入应急机动部署状态。

(3) 所有系统要满足高度的标准化、模块化和系列化要求,一般情况下能在较短时间内,应用标准(硬件、软件)模块,集成组装成能适应执行各类应急作战任务要求的指控系统。

(4) 系统在应急机动部署后展开工作,并能很快与上司指挥机关信息连通。

(5) 系统要求模块化、小型化、轻量化。特别是战术分队的指挥所设备应能适应战斗人员背负运输。系统设备应能适应公路、铁路和空中运输,紧急状态下经过处理后应能适应空投和人力背负的要求。

(6) 陆军应急机动作战指挥控制系统的体系结构(包括作战体系结构、系统体系结构和技术体系结构)与未来军事综合电子信息系统一致,保证能与军事综合电子信息系统内的系统实现互连、互通和互操作要求。

指控系统应能与武器系统通信连接与信息交互(包括指控系统对武器系统的指挥命令信息、武器系统向指控系统报告的武器系统的状态信息及其他环境信息等)。

应急部署期间应与上司指挥系统的通信畅通、不中断。通信体制符合全局通信体制的要求。通信系统有安全保密措施,保证在机动部署期间的传输信息安全。

应急机动部队通信系统应满足对上、对下的指挥、情报、协同作战的通信要求，通信系统应具有较强的电子对抗作战能力，能在电子对抗下保障通信不中断。

（7）系统应体现指挥控制数字化

陆军应急机动作战部队指挥控制系统与部队的武器系统全部或大部分能进行信息交互，指挥系统能及时从武器系统中获得武器的状态信息，充分评估武器系统在战场上所能发挥的作战能力，正确使用武器系统，提高整体战场的作战效能。

指挥控制系统与武器系统交互信息的通道应当比较完善，便于指挥系统直接指挥与控制武器系统的动作，可以极大地提高武器系统的时效性、准确性，提高和充分发挥武器系统的战斗效能。真正使指挥控制信息系统成为武器系统的倍增器。

（8）合成摩托化步兵师应能够实现在复杂电磁环境下快速远程机动作战。

第5章 战区战役级（联合作战） 军事电子信息系统

5.1 战区战役级（联合作战）军事电子信息系统功能组成和指标类型

5.1.1 战区战役级（联合作战）军事电子信息系统的功能

1. 系统基本功能

（1）合同作战指挥功能——为指挥人员实施逐级和越级指挥提供自动化手段，实现战区内多军兵种作战指挥信息的快速、准确、保密、不间断传输与互通。

（2）情报收集与处理功能——准确地接收各地、各单位送来的各类情报信息，并能及时处理和作出反应。

（3）辅助决策功能——能辅助拟制作战文书，评估优选作战方案，进行战役、战术模拟和作战过程重演，建立典型的专家系统等。

（4）安全保密功能——应当有用户身份识别、跟踪、审计能力，应当有存储加密、终端加密、传输加密的措施，要有防计算机病毒、电磁泄漏的措施，还应有文电数字签名功能和文电完整性保障措施等。

（5）系统兼容与扩容功能——系统内的硬件和软件都应该有兼容性，便于升级和替换。设备的安装具有扩容的余地。各种通信系统都可方便地在网络中入网工作。

(6) 抗毁与抗干扰功能——系统具有灵活地重组性和降级、替代工作能力,具有方便的安装、拆收、转移能力,具有抗电磁干扰能力并能实现自动化作业与手工作业的相互转换能力等。

(7) 平战结合功能——能适应作战指挥、军事训练、战备值班、作战模拟、战术重演、突发事件和抢险救灾等任务的需要。

2. 分系统主要功能

功能分系统主要有指挥所分系统、情报侦察与处理分系统、通信分系统、电子对抗分系统、联勤(后勤)分系统等。

指挥所分系统应当实现战区或战役指挥所与下属指挥所之间的信息互通及有条件限制的资源共享;实现战区或战役指挥所对本区内的相关军兵种部队实施指挥;能借助作战指挥数据库,了解有关敌方和己方的各种情况,辅助制定作战计划和作战保障方案;各级指挥所都可以起草、接收、调阅作战文书,处理与显示各类作战图表,可以存储、融合、分析、综合各类情报,评估和优选作战计划与作战保障方案;战区内各种指挥所(如地面、地下、车载等指挥所)可同时运行,并可以相互有条件地代替;车载指挥所的设计应当方便拆装,也可平时转入固定指挥所使用。

情报侦察与处理分系统应该实现战区情报中心与其他相关情报部门间的信息互通,接收区内各军兵种及地方情报单位的情报信息;能借助各情报中心内的数据库系统、图形图像处理系统、情报分析专家系统等,为指挥员的决策提供有关情报;能够具有指挥、组织区内各军兵种部队完成各项情报保障任务的自动化手段。

通信分系统应能实时显示、监控区内有线、无线通信网络运行情况;应当具有指挥、组织区内各军兵种部队完成各种通信保障任务的自动化手段;能辅助拟制、优选通信保障方案,组织调度区内的线路;借助通信数据库,了解敌方通信装备情况及使用特点,掌握己方通信部队的装备器材、军政素质、部队编制和执行任务的能力;熟悉区内的通信设施和地形、气象对通信的影响,协调管理电

磁频谱。

电子对抗分系统应能及时准确地接收、传递、处理各军兵种的电子对抗情报信息，综合形成电子对抗情报，实时显示电子对抗态势；能辅助拟制、优选电子对抗作战方案，组织电子对抗部队实施电子战和分析干扰的效果；应当建立电子对抗数据库，存储战区内电子战有关资料和数据；应当具有对电子对抗目标进行分析与判断的能力。

联勤（后勤）分系统的战区后勤中心能与下属各分部指挥所实现信息的互通，可以接收和处理区内各军兵种的后勤信息；具有指挥后勤部队完成各项后勤保障任务的能力；应建后勤综合数据库，辅助指挥员掌握区内各战役方向军事态势、区内各军兵种后勤保障状况及辖区内经济情况、可动员的战争潜力等情况；能辅助拟制、优选各种后勤保障计划和方案等。

5.1.2 各功能分系统组成

1. 指挥所（指挥中心）分系统组成

指挥所（指挥中心）分系统组成如图 5.1 所示。

2. 情报侦察与处理分系统组成

情报侦察系统应该由战略情报侦察系统、战役战术情报侦察系统、谍报人员情报侦察系统、民众情报系统、预警探测系统和电子战情报侦察系统等组成。而对于战区来说，情报侦察与处理（中心）分系统应由战区海军情报侦察与处理（中心）分系统、战区空军情报侦察与处理（中心）分系统、战区陆军集团军情报侦察与处理（中心）分系统、战区火箭部队情报侦察与处理（中心）分系统和战区直属侦察部队情报侦察与处理中心等组成，如图 5.2 所示。

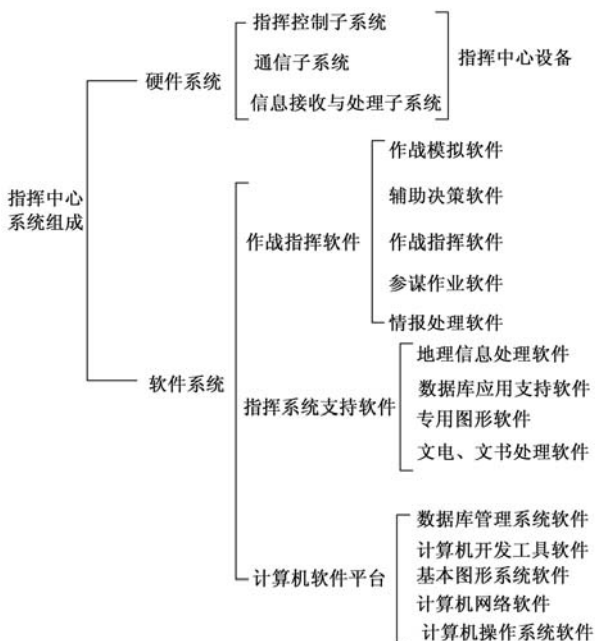


图 5.1 战区战役级指挥所（指挥中心）分系统组成图

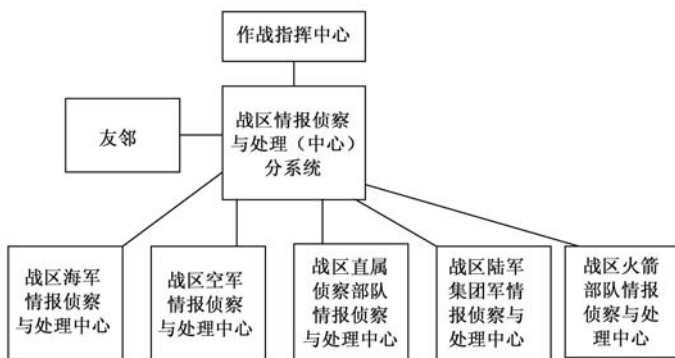


图 5.2 战区战役级情报侦察与处理（中心）分系统组成图

3. 通信分系统种类和组成

战区通信分系统作为国防通信系统的一部分，它应当留有与国防战略通信系统的接口。战区内的各类通信系统有机地结合为一体，形成了一个无缝的、广泛联系的战区通信系统。战区通信系统的实现要依靠各类设备的支持，这些设备分为终端设备、传输设备、交换设备等。它们分别承担通信系统的信息变换、信息传输、信息转换等网络要素。在战区通信系统中，常用的几种无线通信手段是：卫星通信（它是一种特殊的微波通信）、散射通信（利用大气层中对流层对电磁波具有散射的特点而实现远距离的无线通信）、微波与超短波通信（基本上属于视距通信）、短波通信等。另外从战区通信网的角度讲，可有战区固定通信网（它为战区指挥自动化系统提供信息传输的基础结构）、战区机动通信网（这类通信网的特点是快速与应急、高效与灵活）、战区一体化通信网（通信网的一体化，就是对信息业务与通信系统的综合化，通信网的智能化与数字化，通信网的互通和安全保密，通信网的抗毁和电子防卫，网络技术的统一化。构成通信网络的技术主要是网络传输体制和网络交换技术）等。

4. 电子对抗分系统种类和组成

军事综合电子信息系统的电子战系统，按照作战任务可分为战略电子战系统与战役战术电子战系统。而战役战术电子战系统主要是指在战区及战场同战役战术任务有关的电子战系统，即战役战术电子战侦察系统，对地面、空中、海上雷达及通信系统的干扰、抗干扰的电子战系统，对武器制导和控制的干扰、抗干扰的电子战系统，对导航系统的干扰和抗干扰的电子战系统等。

电子战系统按照电子战设备所处的平台又可分为星载、舰载、机载和地面（含车载）电子战系统。

电子战系统还可以按照功能进行分类，按功能分为电子支援、电子进攻和电子防卫。按照功能进行分类的电子战系统的组成如图 5.3，图 5.4，图 5.5 所示。

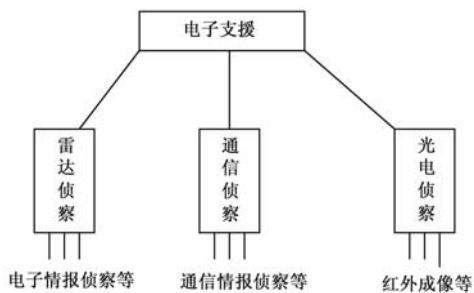


图 5.3 电子支援的分类和组成

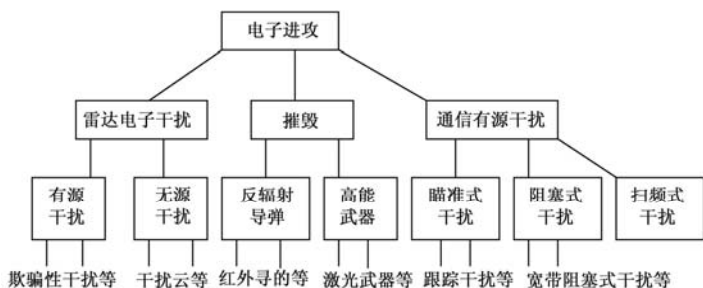


图 5.4 电子进攻的分类和组成

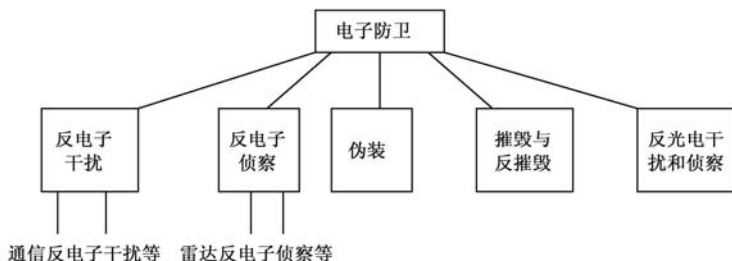


图 5.5 电子防卫的分类和组成

5. 联勤（后勤）保障分系统组成和类型

作为一类电子信息系统，联勤（后勤）保障分系统的基本组成

也包括信息收集、信息传递、信息处理、信息服务和信息监控等。联勤（后勤）保障分系统可以划分为两种类型：综合联勤（后勤）保障系统和专业联勤（后勤）保障系统。综合联勤（后勤）保障系统主要指战略联勤（后勤）保障指挥中心、战区联勤（后勤）保障指挥中心、集团军及其以下后勤保障指挥中心等。专业联勤（后勤）保障系统指支持综合联勤（后勤）保障系统的各类专业勤务保障管理系统，它们包括物资保障指挥管理系统、技术保障指挥管理系统、卫生保障指挥管理系统和军事运输保障指挥管理系统等。

战区联勤（后勤）保障指挥中心负责战区内通用后勤保障指挥。其基本组成如图 5.6 所示。

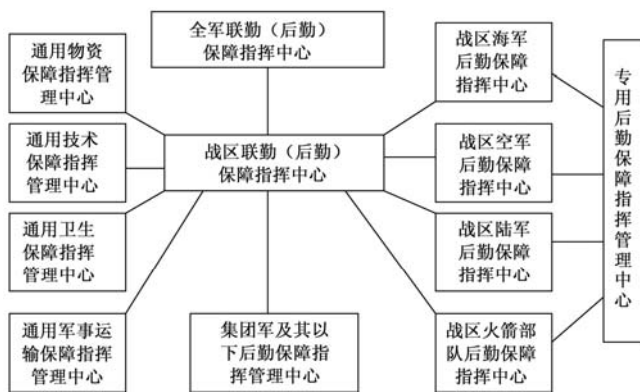


图 5.6 战区联勤（后勤）保障指挥中心基本组成

5.1.3 系统的主要指标类型

- 信息处理方面的指标——如文电处理、图形处理、数据库管理等指标；
- 信息传输方面的指标——如内部通信、远程通信、系统延等等指标；
- 辅助决策方面的指标——如作战指挥、作战值班、作战模拟

等指标；

- 安全保密方面的指标——如信息加密、系统安全、防电磁泄漏等指标；
- 音像显示方面的指标——如平板显示、大屏幕显示、会议电视、图像、音响等指标；
- 可靠性方面的指标——如可靠性基本要求和系统有效度等指标；
- 系统平台方面指标——如硬件系统、软件系统、数据库管理系统等；
- 应用软件方面指标——如应用软件的基本要求、应用软件的开发要求等；
- 人机交互方面指标；
- 系统监控方面指标；
- 生存能力方面指标；
- 环境要求方面指标；
- 标准化方面指标等。

5.2 战区战役级（联合作战）军事信息系统的物理分系统

战区战役级（联合作战）军事电子信息系统的物理分系统可分为两种类型：按照信息的处理和应用分类，按照作战指挥控制的所属关系分类。

按照信息的处理和应用分类可分为侦察探测（信息探测）与情报处理单元（信息处理）、通信指挥保障单元（信息传输）、电子对抗单元（信息对抗）、后勤保障单元（信息保障）、装备保障单元（信息保障）、指挥控制单元（信息应用）、武器火力单元（信息应用）等。

按照作战指挥控制的所属关系分类可分为陆军指挥控制单元、海军指挥控制单元、空军指挥控制单元、海军陆战队指挥控制单元、导弹部队指挥控制单元、盟军（友军）指挥控制单元、地方部队（或武装组织——如民兵等）指挥控制单元等。

按照信息处理和应用分类的战区战役级（联合作战）军事电子信息系统的物理分系统组成示意图如图 5.7 示。

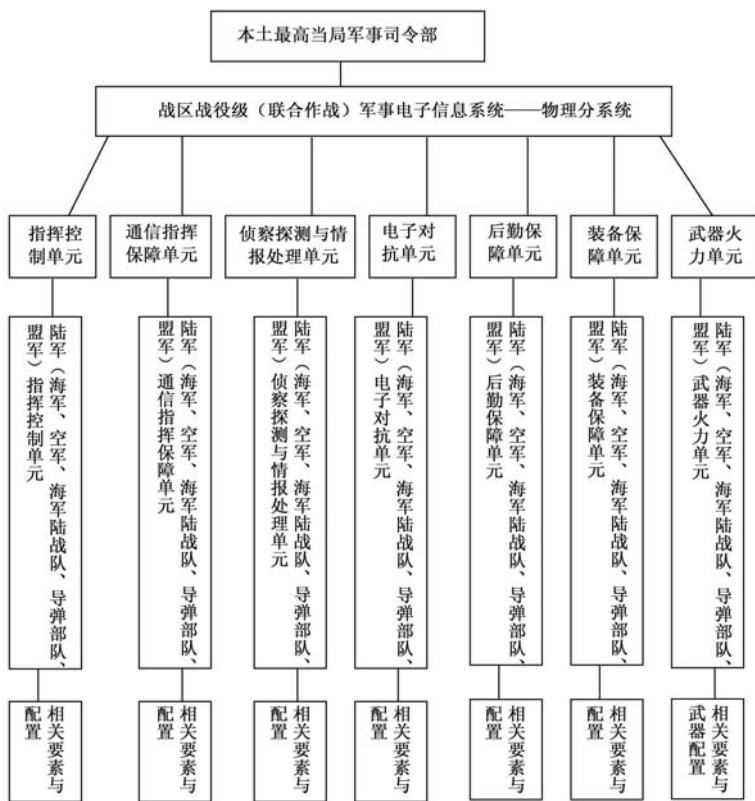


图 5.7 战区战役级（联合作战）军事电子信息系统的物理分系统组成示意图（1）

按照作战指挥控制所属关系分类的战区战役级（联合作战）军

事电子信息系统的物理分系统组成示意图如图 5.8 所示。

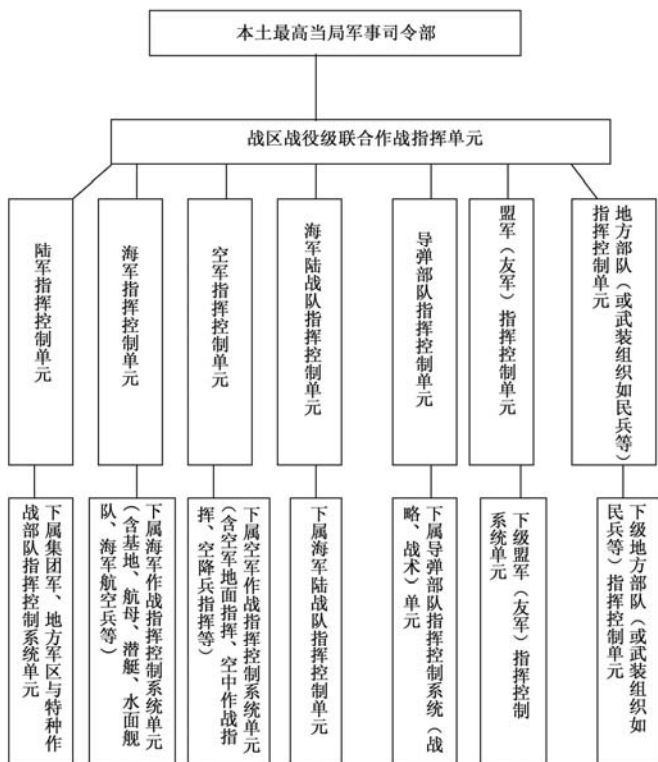


图 5.8 战区战役级（联合作战）军事电子信息系统物理分系统组成示意图（2）

5.3 战区战役级（联合作战）军事电子信息系统的技术分系统

战区战役级（联合作战）军事电子信息系统的技术分系统主要由网络与通信分系统、文电文书处理分系统、图形图像分系统、数据库分系统、视频会议分系统、监控分系统、定时与定位分系统、

软件分系统、环境支持分系统等组成。

其中网络与通信分系统负责战区内的内部数据传输和对外的数据通信，网络分系统应包括网络拓扑结构、网络协议、网络安全与管理、网络规划等方面的技术和内容。主要设备可有网络服务器、数据库服务器、指挥工作台、共享外部设备和各种网络设备。网络与通信分系统可包括局域网子系统、城域网子系统、内部通信子系统、外部通信子系统等。

文电文书处理分系统是一种快速、高效、安全、可靠的信息传输处理手段。它是集文书处理、数据库管理、计算机网络及通信为一体的综合传输系统，提供了不同通信网络互相交换信息的途径。它应包括文电处理系统的体制、功能用户界面选择等技术和内容。文电文书处理分系统应具有本地功能（为用户提供友好的人机交互手段和汉字环境，包括文电的输入、输出、文电的接收发送、文电库的管理及储存、归档、查询等）、文电服务器功能及系统管理功能。文电的类型可以是报文、表格、格式报、态势报等。

图形图像分系统的主要职能是为部队的指挥、管理和其他业务工作提供所需的数字地图、作战区域的地理环境信息、态势图及相应的生成与管理技术，还解决数字地图与态势图的传输、存储和输出等技术问题。图形图像分系统可包括数字地图与军事地理信息子系统、态势图处理子系统、大屏幕与声象集中控制子系统等。数字地图包括矢量地图与像素地图。军事地理信息子系统的作用是向用户提供深入的地理信息，为辅助决策提供信息和地理依据。

数据库分系统数据库由作战数据库、图形数据库、文电汇编数据库等部分组成。为指挥和辅助决策提供数据支持。系统数据库需要与相关的其他数据库以及高层次作战部门的数据库进行数据交换，这需要通过通信接口单元连接其他远程通信网实现。系统数据库的建立要保证数据的完整性、一致性、可靠性、安全性。数据库分系统可包括综合数据库子系统、专用数据库子系统、数据库互通子系统等。其中综合数据库可分为作战指挥综合数据库、情报综合

数据库、电子对抗综合数据库、后勤综合数据库、通信综合数据库等类型。数据库分系统的设计包括数据库的逻辑设计、物理设计、应用设计及管理维护设计等。

视频会议分系统可分两个部分，即会议电视系统和桌面视频会议系统。

会议电视系统在指挥系统中可设一个多点控制器（MCU）和一个操作控制台，该 MCU 是其他作战部门会议电视系统中的一个节点，参与整个作战系统召开的电视会议。会议电视系统可提供主席控制模式、导演（管理员）控制模式和音量控制模式。会议终端包括编解码器（CODEC）、视音频分配器、彩色电视机、摄像机、云台及云台控制器、麦克风、音箱等。桌面视频会议系统是基于局域网建立的。系统的每个部位可设一个桌面视频会议终端，该终端和指控台（席位模块）相结合，以系统局域网为依托，在指控台的基础上配编解码器（CODEC）、摄像头、拾音器等，与数据传输共享网络资源，提供数据、文件、图形、图像和白板等功能。

监控分系统由各物理和业务单元的监控子系统组成。它主要监视系统的网络状态、信息传输情况、设备工作状态；及时发现故障，对系统工作状态进行控制、调整和维护；建立时间统一控制系统，对移动的系统进行定位，从而提高系统的安全性与可靠性。系统的主要功能有：网络管理、配置信息管理、性能管理、安全管理、系统控制、日志管理等。监控方式分为自动报告和查询两种。监控信息表示方式有屏幕显示、打印输出。监控信息查询响应时间要尽量短。自动报告频度可调。

定时与定位分系统分为定时与定位两部分。由于系统和分系统分布区域广，而且许多系统在机动情况下工作，这就要求配备全球定位系统设备，相关单位可以得到分系统和有关设备情况的位置信息。用 GPS 时钟设备将标准时间（或作战时间）送到监控软件，由监控软件向所辖设备传送时间信息。时钟设备同时可以带若干个子钟，子钟分布在各工作单元内。

软件分系统是军事电子信息系统的主要内容。应当重视软件的总体设计和软件需求的获取,强调软件开发的标准化、模块化设计,重视软件开发方法和软件的测试及软件项目的管理及重用。软件分系统可分为系统软件、支持软件和应用软件。软件系统中应用软件是重点,应用软件又可分为共性应用软件、专用应用软件和测试维护软件等。各物理分系统中的应用软件类型可以相似,比如指挥控制物理分系统单元、情报处理物理分系统单元、电子对抗物理分系统单元、后勤物理分系统单元等,其应用软件都可以包括作战业务、战备值班、辅助决策、军事训练等类型,但其各自的内涵不同。

环境支持分系统主要是指对系统中的硬件载体结构设计、室内外设备的安装和加固及配置设计、固定和移动系统的供电设计、系统和设备的电磁兼容性及防电磁泄漏设计等。

战区战役级（联合作战）军事电子信息系统技术分系统组成示意图如图 5.9 所示。

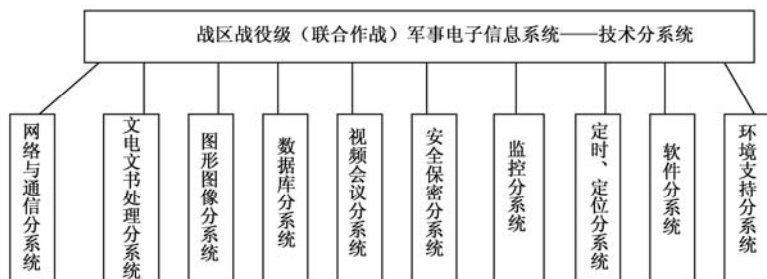


图 5.9 战区战役级（联合作战）军事电子信息系统的技术分系统组成示意图

5.4 引入信息栅格技术的战区战役级电子信息系统

按照美军最新的技术和表示方式将本章中前面提到的物理分系统和技术分系统综合在一起形成信息栅格情况下的综合信息系

统，每个指挥控制单元或系统单元都是这个信息栅格中的一个节点。其示意图如图 5.10 所示。

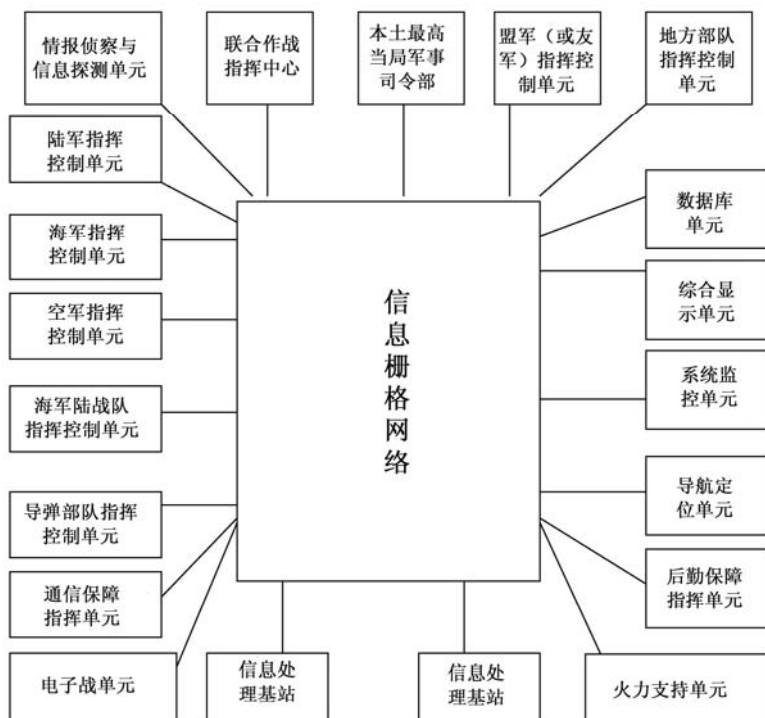


图 5.10 信息栅格情况的战区战役级电子信息系统示意图

第6章 多军兵种军事电子信息系统技术

6.1 海、空、天信息力量是陆军 信息化作战能力新的增长点

6.1.1 海、空、天信息力量是陆军信息化作战的重要组成部分

未来的陆军信息化作战必将是在空间、空中力量和海上力量大力支援下的高技术战争，海、空、天力量已成为陆军信息化作战的一个不可缺少的组成部分。海上和空间、空中力量拥有鲜明的技术和战术特点及其他装备所无法比拟的高空和海上优势。空海力量应用将是陆军信息化作战能力新的增长点。面对越来越高的信息保障需求和作战对手越来越强大的空间和海上的信息优势，陆军除了加强自身信息保障能力建设外，还必须具备对敌方空间信息和海上信息系统攻击的能力。因此，发展空间和海上信息作战力量势在必行。

6.1.2 陆军信息化作战必须有强大的空间信息作保障

在信息化条件下的局部战争中，强大的信息保障能力是作战胜利的根本保证。陆军传统的信息保障手段由于存在许多难以克服的弱点，已不能满足信息化作战的需要；而空间信息保障方式具有覆盖面广、精确度高、可靠性强、自由度大等特点，能有效提高陆军信息保障能力。第一，空间侦察是一种很好的信息获取手段。地面

信息获取手段探测距离近,不能满足中、远程作战武器使用的需要。而空中信息获取手段在空域与时域覆盖范围有限,不能满足作战全时空信息获取的需要。空间侦察范围广、也不受地形限制,非常适合于对地面的侦察。第二,卫星通信能有效解决信息传输问题。在陆军通信中,短波通信存在传输率低、可靠性差、抗干扰能力弱等缺点,而超短波通信则存在传输距离近的弱点。卫星通信具有传输距离远、传输速率高、可靠性好等特点,在指挥协同通信、情报传输等方面有非常广泛的应用空间。第三,空间目标指示将空间侦察和通信的优点有效结合,能满足陆军较远程作战兵器对目标指示的要求。

6.1.3 陆军空间信息作战力量的分类和发展

陆军空间信息作战力量主要分下面几类:一是侦察监视卫星系统。它主要通过照相侦察、电子侦察和雷达侦察等手段对地面目标进行定位、识别,是有效把握大范围的地面态势、提供目标指示的主要途径。二是卫星通信系统。卫星通信系统主要用于地面作战部队内部通信和陆、海、空三军协同通信,是未来陆军战役、战术通信的重要手段。发展以卫星通信为主、其他通信手段为辅的网络化通信系统,可以大幅度提高陆军信息传输能力。三是地面卫星导航与定位系统。卫星导航和定位系统具有大范围、高精度、实时和连续的特点及优点,是坦克、飞机作战和武器精确制导的基本保障。四是空间信息进攻系统。可以利用己方的太空武器对敌方实施进攻,削弱和破坏敌方空间信息系统,这将对己方夺取战场制信息权创造有利条件。

可以看出,加强空间信息作战能力建设,将大大提升陆军的作战能力。同时将提高陆军武器装备的信息化程度,整合陆军的作战体系,能较好地解决陆军面临的信息保障和信息攻击等难题。并有效地削弱强敌的空间信息优势,为陆军夺取战场制信息权、进而夺取战争的胜利提供有力的支持。空间信息作战是陆军实现大跨越的一个有力的支撑,是陆军作战能力新的、最大的增长点,是提高陆

军综合能力的“倍增器”。

6.1.4 海上信息作战力量是陆军信息作战力量的重要补充

海上信息作战力量与陆军信息化建设关系重大。海上的预警、探测、侦察信息对陆军信息系统既是必要的补充，又是重要的信息来源，是陆军信息作战力量的重要组成部分。而且，海军陆战队许多情况下是在海岛和陆地执行作战任务，其规模、编制和执行作战任务的性质上同陆军战术部队相近似。特别在当今陆、海、空、天一体化的现代战争中，更加密切，相互不可分割。

6.2 以网络为中心的军事电子信息系统及技术

6.2.1 以网络为中心的军事电子信息系统

以网络为中心的军事电子信息系统如图 6.1 所示。

6.2.2 空间军事电子信息系统主要应用技术

1. 概述

由于外层空间没有国界限制及不存在主权问题，因而谁在空间具有优势谁就将取得信息的主动权。空间将成为 21 世纪军事作战的制高点，它和陆、海、空一起构成综合的立体作战的“广域空间”。空间信息作用的增强使具有信息优势的国家在其敌方国家上空张开一把“信息伞”，对其战略目标和军事情况窥视一目了然，并利用信息化武器随时对其瞄准和做好精确打击准备，从而使这些国家随时都可遭到攻击或造成精神上的负担与威胁，也可称此为“信息威胁”。

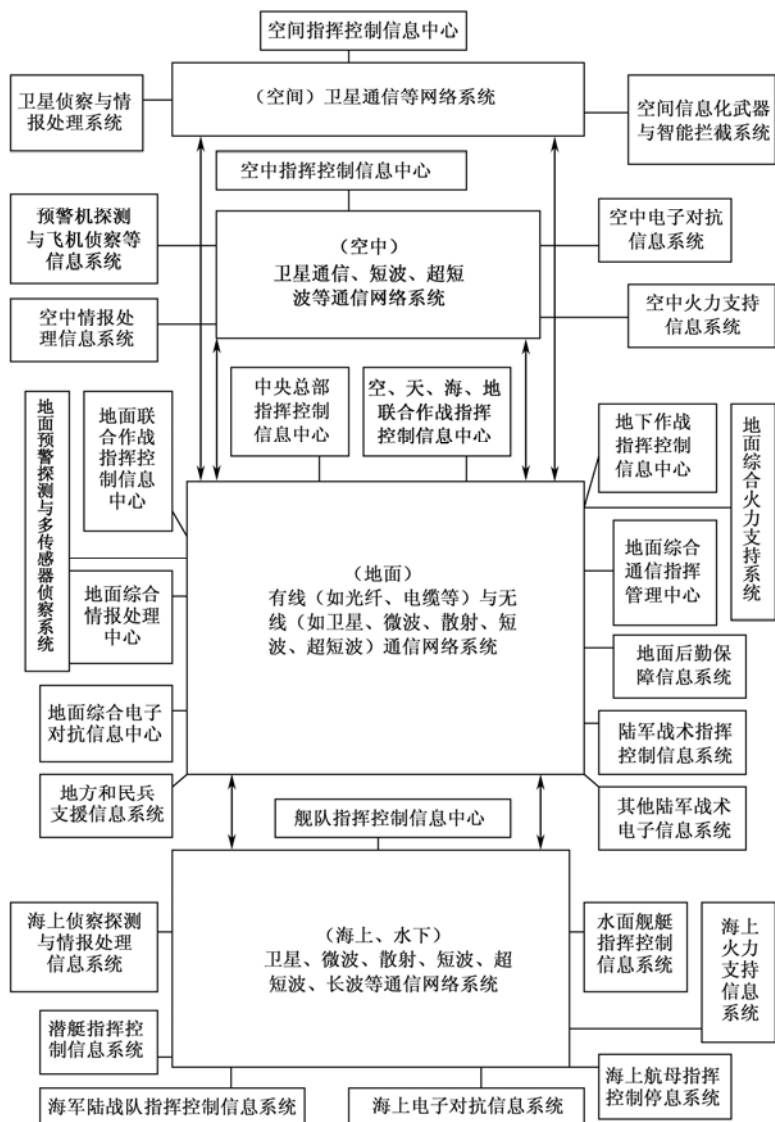


图 6.1 以网络为中心的军事电子信息系统示意图

航天力量和空间信息系统在近几年战争中的作用举世瞩目，未来的战争将是信息化条件下的战争。美军近年来每年进行一次‘空间战’演习，用于探索未来太空军事行动。目前地球轨道上运行的 600 多颗卫星中美国约有一半，其中多数用于军事目的情报侦察和军事通信等使命。美国近几年每年投入的空间经费达 150 多亿美元，且以每年 20% 的速度增长。美军正在从“空军”向“空天军”转化，并明确表示在今后 50 年美空军的武器系统和作战理论研究的重点将转移到航天飞行器和空间作战理论上。美军的“制天权”理论和“空天战”思想正得到世人的广泛关注。

进入 21 世纪以来，俄罗斯把军事航天部队和导弹航天防御部队组建成新的军种——航天部队，并且加大了武器装备信息化和信息装备武器化的投入。

可以预料，未来将有更多国家拿出更多经费发展空间与航天武器及空间电子信息系统。因此开发空间、发展航天信息技术是各国在 21 世纪特别是 21 世纪前 20 年打基础和初见成效的宝贵时机。

2. 空间军事电子信息系统主要应用技术

(1) 空间作战理论与指挥控制技术

空间作战理论与指挥控制技术是实施“制天权”和“空天战”的理论指导和具体体现。主要包括：空间作战理论研究；空间指挥所建设技术；太空武器控制和信息系统一体化实现技术；以空间为主的综合化指挥控制辅助决策支持技术；空间态势感知和多军兵种综合态势感知及综合显示技术；空间作战效能评估技术等。

(2) 空间载人航天与空间信息化武器技术

空间载人航天与空间信息化武器是未来实施‘制天权’和‘空天战’的平台基础。主要包括：载人航天系统总体设计技术；载人航天运载火箭技术；载人航天地面跟踪与测控技术；载人航天通信与信息处理技术；空间航天站综合技术；空间航天器的特种材料与结构工艺及特殊防护技术；空间航天的特种电源技术；空间作

战信息化武器技术等。

(3) 空间信息采集、情报处理及导航定位技术

空间信息采集、情报处理、导航定位是实施“制天权”和“空天战”的信息基础。主要技术包括：天基雷达预警系统和空间攻击预警系统研究；多种类空间预警探测、情报侦察监视卫星系统技术；空间导航定位、气象服务及资源探测、大地测绘卫星系统技术；空间多种信息综合处理技术；高精度空间惯导和精确定位技术；以空间为主的空、天、海、地一体化信息采集与综合情报处理技术等。

(4) 空间军事信息系统的信息传输和互通性技术

在 21 世纪上半叶，许多国家以地面为主的综合电子信息系统的网络互连、信息互通、用户互操作的问题将得到解决。国际上军事发达国家如美国在以空间为主的综合信息系统信息传输和互通性方面也将基本解决。而一些国家在这方面还会有差距。其中影响综合信息系统信息传输和互通性的技术主要有：不同型式、不同轨道的通信卫星及卫星通信系统技术；卫星跟踪及测控技术；中继卫星和多种型式的空间转信技术；空间综合通信网络与地面通信网络综合管理技术；以空间为主的综合信息系统信息系统体系结构和公共操作平台技术；以空间为主的综合信息系统信息系统与精确制导武器系统相关信息格式、规范定义、接口技术；以空间为主的综合信息系统信息系统数据开采和数据库标准规范及资源共享技术；以空间为主的综合信息系统信息系统互连、互通、互操作测试技术等。

(5) 空间军事电子信息系统中的安全保密和网络攻防技术

对军事系统而言，若不重视系统的安全保密就等于告诉敌方自己的具体作战部署和作战情况，从而形成使敌人知己知彼、使自己处于被动挨打境地。计算机和网络技术的应用发展到一定程度，其安全保密问题已上升到十分突出的地位。解决信息安全的根本途径是对存储的和传输的信息进行加密，使非法用户读不懂信息内容。需要研究和开发的主要技术有：高安全性的加密算法技术；信息系统执行程序中防跟踪安全技术；加密算法动态可变体制和生存周期

短的密钥技术；控制外部访问及保护内部机密数据的防火墙安全性保证技术等。

网络的攻防也称网络的防卫与网络的进攻（或称攻击）。网络的防卫与网络的进攻是作战双方进行网络战的两种形式。二者是矛盾的对立统一体。没有网络的进攻就不需要网络的防卫。随着技术的进步和未来战争的需求，网络的进攻与防卫逐步走向更高的阶段。

网络的防卫是指尽可能采用多种手段保护己方的网络系统，阻止敌方侵入己方网络系统进行破坏或者窃取己方的机密信息。做好网络的防卫要重视以下技术研究：系统与设备的防电磁辐射（或泄漏）技术；信息加密及网络反截获（敌人对己方信息截获）技术；严密的网络系统监视及反突破（敌对己方网络系统的攻击突破）技术；系统身份鉴别与控制访问技术；网络系统的防病毒和滤毒技术；多类型高效防火墙技术等。

网络攻击（或进攻）指通过网络进入敌方网络系统获取信息数据或破坏敌系统。主要技术有：发现网络系统漏洞和利用漏洞实现网络攻击的技术；截获敌方网络信息的新技术；获取敌方网络入口方式及相关技术；电子邮件炸弹和病毒制造及侵入技术；对敌网络实施长期隐身侵入攻击技术；反防火墙技术等。

（6）数据融合和智能化技术在空间军事电子信息系统中的应用

数据融合技术是利用计算机技术对来自多传感器（同类或不同类）探测的多源信息按一定规则进行自动分析和综合后自动生成人们所期望的合成信息的信息处理技术。它包括多类型、多源、多平台传感器所获得的各种情报信息（如数据、照片、视频图像等信息）进行采集、传输、汇集、分析、过滤、综合、相关及合成，快速进行情报处理和自动图形标绘。其主要技术有：数据融合理论方法研究；多探测器不完全测量数据融合的算法研究；专家系统在数据融合中的应用技术；目标自动识别方法研究；并行处理技术在数据融合中应用研究；数据融合中信息的可靠采集、分析和资源保护安全技术等。

智能化技术的发展为军事综合电子信息系统的发展提供了新的手段。智能化技术的应用成为指挥自动化系统发展的必然趋势。而专家系统、模式识别、智能机器人被列为人工智能技术中最活跃的三个领域。智能化在军事电子信息系统中的应用技术主要有：多军兵种综合指挥控制系统的辅助决策支持系统技术；综合通信系统中的路由优化、自动交换及网络管理的智能化应用技术；智能化的频率分配及管理技术；智能传感器技术；数据融合中的人工智能技术；智能化的信息处理技术；人机交互的智能化技术等。

6.2.3 空军军事电子信息系统相关应用技术

6.2.3.1 空军作战战术综合指挥管理系统与战术情报处理系统及技术

空军作战战术综合指挥管理系统与战术情报处理系统是对陆军战术信息系统的重要补充。

1. 空军作战战术综合指挥管理系统

在多军兵种参与的联合作战中，空军的作战任务十分繁重。既有空中的作战飞机、预警飞机、电子战飞机、侦察飞机、空中转信平台等系统与武器平台的参与，又有地面的地空高炮、地空导弹、雷达等武器与系统的参加，还有空降部队的参战。既有本系统（对地面和空中）的指挥控制，又有与联合作战指挥中心及其他部门和系统的联系。因此空军在作战中必须有多通信网络系统做支持，以满足作战中空-空通信、地-空通信、空-地通信等的需要。用到的通信手段包括卫星通信、散射通信、微波接力通信、短波通信、超短波通信、光纤通信、电缆通信及数据链的应用等。作战中，通信指挥长官和参谋人员既要众多通信网络进行指挥管理、调度与监视，又要对复杂电磁环境中的频率进行分析、管理与指配，还要对

所属通信部队进行指挥控制和对通信设备资源的调拨，并且还要根据上级长官指示和意图对作战方案、计划进行快速制定与评估等。所有这些在现代战争条件下都需要综合指挥管理系统及通信指挥管理自动化系统做支持。

2. 空军战术情报处理信息系统

(1) 概述

现代高科技局部战争的特点是快、准和信息化的应用，往往一场现代高科技局部战争只进行几天或几周。战争中将大量使用精确制导武器，因而信息优势不仅是快和准的保证，而且是胜利和最低伤亡的保证。

美军认为作战能力要素有三个：作战空间了解，有效使用力量，C⁴ISR 网络（由传感器网、信息网和作战网组成），因而建立有效的信息系统对现代高科技条件下的局部战争是十分必要的。

科学技术的发展使情报获取的手段不断改进，不仅获取的手段和方法多种多样，而且数据量迅速增加，再用传统的方法来处理已是不可能的。

另一方面现代战争中情报不仅仅是提供长官作决策之用而且大量的作战单位如精确打击单位，他们也需要知道目标的精确位置、有关的图像以及打击效果等。由于战争的快速性，情报的时效性将显得更加突出，否则将会丢失战机，这也需要有一个有效的信息系统来加以保障。

(2) 国际装备发展现状

美国目前的信息系统已消除了建设初期的烟囱式结构，形成了可以互连互通互操作的大大的信息网，覆盖的地域广，涉及的部门多，目前在以下几方面正优化改进。

- 网络化，分布化，要在全球任何时间、任何地点都可以接入信息系统。
- 更高层次的智能化，进行高度数据融合和自动化程度更高的

辅助决策。

- 进一步提高系统的互通性和兼容性,提高一体化程度和整体作战效能。
- 发展具有更高手段、高精度、远距离、陆海空天一体化的探测手段和新的四位一体的空间知识体系。

美军不仅重视情报收集和信息获取,也十分重视情报的使用,收集到的情报经处理后将有限制地把情报分发到需要使用情报的各部门,使情报能发挥其军用价值。

另外,台军预计在 21 世纪初建成具有先进水平的综合电子信息系统,台湾的陆军建立了“陆资”军事信息系统,该系统实际上是一个大型的数据库,存放了敌情资料、编制实力、驻地部署、武器装备、作战预案等信息。其目标是向决策支援全自动化发展。空军建立的“强网”是其三军中最先进的军事信息系统,已更换了老式中央计算机和配套软件,建立了地下空中作战管制中心,进一步完善了与陆、海军的军事信息系统的互联,换装了美国的 AN/EPS-117、HR-300 等防空雷达,实现全岛防空武器的全自动化指挥控制。

在情报来源及情报应用方面。情报将来自各种雷达、侦察机(包括有人的和无人的侦察机)、预警飞机、侦察卫星、空降兵及特种部队、友邻部队和其他军兵种的上级下发的情报等,还可以来自地方部门,如安全部门、外交部门等。以及各种公开的媒体,如互联网、报纸、杂志、广播等。

情报的应用将分为两部分,首先是向指挥员提供有用的情报以供指挥员决策之用。

另一部分的应用是向战斗单位有限制的提供作战所需的情报,如机场、防空部队、导弹部队、空降兵和特种部队、执行任务的机群或飞机等。提供的情报只限于与作战任务有关的情报,但要求有较精确的数据。

在情报承载的媒体方面,向系统传送的情报素材可以以如下形式传送:数据、图形、表格、图像、数字化视频、文字、格式报文。

向情报用户提供的有态势图、文字、数据、图像、图形、数字化视频、各种报表如周报、月报等。其态势图、地图数据格式等除按空军的标准外，还要提供三军另一种格式的情报，而这种格式将保证各军种有一致的作战空间理解。

情报处理功能如下：对来自各种侦察手段的目标坐标进行自动转换、合理性验证、自动入库、紧急情报及错误情报自动提示；可对数据库中的情报进行检索、增删、插入、分类等；对航片和卫星片图像，除可进行为更好识别目标所作的各种图像处理以及检索、显示叠加文字等处理外，还将对其作地图配准；情报数据融合功能方面，除可对文字和数据情报进行融合外，还可将来自不同时间、不同角度、不同手段获得的图像进行融合以得到更完整、更可靠的情报；辅助威胁估计功能方面，可进行打击效果评估，将提供空军态势显示及三军态势显示，有必要时可以辅助制作备用方案、确定方案和监视方案的执行情况，可以有限制地按需分发情报等。

6.2.3.2 空降兵战术侦察信息系统及技术

空降兵战术侦察信息系统也可作为陆军战术信息系统的支持信息系统。美国早已装备了空降兵战术侦察信息系统。空降兵战术侦察信息系统主要用于实施空降侦察、敌后渗透侦察和其他作战侦察等任务。该系统以数字化方式快速采集各种敌情信息，战场环境、敌情动态信息均以数字方式进行可靠的传输，对所获得各类信息及时进行相关融合处理，提高战场情报的可靠性和完整性，充分发挥系统的作战能力。其主要作战使用要求如下：

(1) 借助各种手持或便携式侦察器材，如可见光、红外、照相、电视、音响等设备，对预定的作战对象或作战地域构成全天候、多频段的战术侦察能力。能对目标进行快速精确的定位，以利于完成对敌重点目标突击、指示目标和战场营救等复杂艰巨的任务。

(2) 以数字化方式采集、传输和处理语音、数据和图像情报,极大地提高了情报的实时性和完整性。采用先进的定位设备和通信设备,使系统内单兵相互掌握对方的位置和状况,便于敌我识别和协同作战。通信设备还能使派出分队和后方指挥部之间保持密切联系,达到快速上报情报信息和从后方获得信息支持的目的,并通过系统的指挥控制终端使单兵侦察信息系统与战场侦察体系形成有机的整体。

(3) 单兵侦察信息系统核心单元便携式信息处理机,它完成分队内单兵获得信息并进行初步情报处理。该信息处理机内设侦察作战常用的数据库,如地理信息、可食动植物生态、翻译词典及其他应用软件等,随时为侦察分队提供信息保障。指挥控制终端以车载方式工作,设置在相对安全的后方阵地,随时对派出分队提供有力的信息支援,对所获得敌情信息进行数据融合和敌情态势分析,生成完整的可靠的情报提供给上级。

空降兵战术侦察信息系统的作用与地位十分重要,能够自动接收上司和友邻部队的命令和情报信息;采用多种侦察手段实时采集战场情报信息;能对各类战场信息进行融合处理,实现战场信息快速传递。能够利用同武器系统紧密结合的、精确配准的集成瞄准具,通过热像仪或昼夜望远镜对目标进行瞄准。能够通过目标定位和测距设备对目标进行精确定位,计算目标的绝对位置,通过计算机和电台把目标信息传到指挥控制中心,由指挥控制中心,调动本部队的武器攻击系统或把信息传到上司情报指挥中心,请求火力支援对目标进行打击。

为了减少战场上不必要的伤害,必须对友军的询问信号进行回答,另一方面在开火前,必须进行询问,以识别敌我。

系统应具有较好的定位导航能力。一是保证特种部队的顺利达到目的地,二是用来保证对重点军事目标进行绝对位置测量。

系统一般由侦察设备、空降兵快速集结设备、信息采集与处理

终端、士兵电台、远程通信设备和综合头盔组成。

完成各种侦察信息的快速采集、空降兵快速定位导航、快速集结、侦察信息的融合处理，空降兵可任意组成灵活的通信网，相互间互通信息，通过远程电台可与后方的指挥终端传递信息，同时接受上级的指挥命令。

空降兵侦察信息系统由集成瞄准具、穿戴式单兵平台和综合头盔等部分构成。

集成瞄准具安装在武器系统上。具有承载设备、信息采集、瞄准、敌我识别（穿戴式单兵平台一起完成）的功能。

穿戴式单兵平台安装在单兵携行具里，具有定位导航、信息采集、处理、通信、电源管理、系统供电、敌我识别、系统控制的功能。

综合头盔应当具有防弹、信息显示、提高听力、声音的输入输出及大信号抑制的作用。一般应由五部分组成：综合头盔显示器、头盔本体、音响传感器、耳罩、激光接收机（敌我识别）。其关键技术主要有集成瞄准具技术、穿戴式士兵通用平台、敌我识别技术、单兵扩频电台技术和小型信息处理终端技术等。

6.2.3.3 防空指挥信息系统

1. 概述

防空指挥信息系统有的是战略级，有的是战术级。

美国与加拿大共同建设并早已投入使用的“北美联合监视系统（JSS）”就是一个较典型的防空信息系统例子。该系统由北美防空防天指挥中心（夏延山）、三个地区指挥控制中心（美国本土的南里、美阿拉斯加的埃尔门道夫和加拿大的北湾）及其下属的六个分区指挥控制中心（美国本土的格林菲斯、延德尔、马茨和麦克乔德、加拿大的惠勒和北湾）组成，如图 6.2 所示。

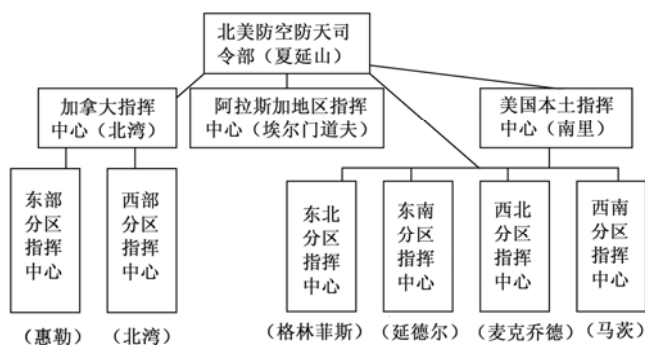


图 6.2 联合监视系统组成示意图

该系统配有 94 部雷达（其中美国本土 54 部，阿拉斯加地区 17 部，加拿大境内 23 部）和 30 多架空中预警指挥飞机。在美国本土的四个分区指挥控制中心管辖的范围内，平时有 60 多架作战值班飞机，对来袭的空中目标进行拦截作业。

2. 防空信息系统组成及功能

（1）防空作战的一般过程

防空作战过程一般是：由探测器（雷达）探测空中目标，收集空中目标情报，对目标进行跟踪、识别和威胁判决（估计），对作战方案和兵力分配进行决策，组织指挥防空部队实施对空作战，如图 6.3 所示。

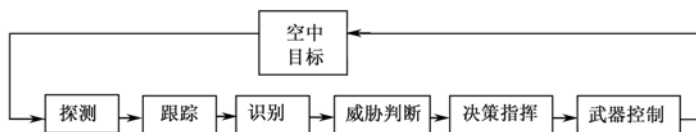


图 6.3 防空作战过程示意图

就其信息关系而言，它是一个信息收集、传输、处理、记录（存

储)显示、选择和再处理及反馈的过程。

(2) 防空信息系统组成及功能

防空信息系统通常由以下几个基本分系统组成。

① 雷达录取分系统

其主要功能是,完成空中目标的探测定位、跟踪识别,建立空中态势。

② 通信分系统

其主要功能是,将雷达探测到的空中目标情报及时迅速地传递到指挥控制中心,把指挥控制中心的有关指令及时传送给各雷达站。

③ 雷达情报处理分系统

雷达情报处理分系统是指挥控制中心的主要组成部分之一,它的主要功能是,将雷达录取分系统送来的目标数据进行综合分析(包括坐标变换、合批、分批、区分主次批等)和显示;再将经综合处理后的目标数据分别送给指挥控制中心内的其他分系统;同时将有关空中情报上报上级防空作战指挥控制中心;并通报有关的友邻部队。

④ 作战指挥分系统

作战指挥分系统的主要功能是,将雷达情报处理分系统送来的经综合处理后的空中情报和收集到的技侦情报、飞行情报(如飞行预报、训练区域等)和气象情报等,进行再加工处理,完成空中目标的二次识别,判断目标属性(一般分为敌、我、友和不明等);根据目标的位置和性质及有关参数,对该目标威胁的严重程度进行判断(一般分为一、二、三等);根据所收集的情报和来袭的空中目标的动态进行战役、战术分析,估计其直接的和潜在的企图;选择作战方案;进行兵力(武器)分配;建立空中态势并在相应的显示设备上显示出来。

另外,还需将上述有关信息分别送给指挥引导分系统和司令官(值班首长)席,并报上级指挥控制中心。

在司令官对有关信息进行分析认可后,作出决策,将有关指令

(或命令)回送给作战指挥分系统,由作战军官再将有关指令(或命令)下达给航空兵、地空导弹兵和高炮兵等部队实施。

⑤ 指挥引导分系统

该分系统主要功能是,将雷达情报处理分系统送来的综合空情和直通引导雷达送来的雷达情报进行实时处理(如排错、坐标变换、空情分类和航迹相关判断等),并将有关信息存储起来。

在接收到作战指挥分系统送来的建立拦截作战的决策信息(如敌我批号、我机起飞机场和机型、挂载及值班等级等)后,便自动进行三线(一等线、起飞线和拦截线)解算,并将解算结果送回作战指挥分系统,同时在相应显示设备上显示出来。

在收到作战指挥分系统送来的作战命令和打击目标位置等信息及我机起飞的通报后,自动计算出我机出航、转弯等引导数据,然后利用直通引导雷达提供的实时空情,通过地空通信分系统与我机进行话音和数据通信,指挥引导我机按预定方案接敌,进行拦截作战。

根据我机当前位置、油量和气象等情况,自动计算出我机飞到着陆机场的航向、所需油量和到达时刻等返航引导数据,引导我机安全返航着陆。

引导的全过程均可复现或重演。

⑥ 战果统计

战果统计在每次空战后进行,由作战指挥分系统完成。

航空兵部队通常用电话将战果上报作战军官,然后以人工方式输入作战指挥分系统;如果配置相应终端设备,也可以报文形式直接输入系统。同样,高炮和地空导弹部队也可用电话或相应终端设备,以话音或报文形式将战果信息人工或自动输入系统。

以上战果信息均存入系统的资料库中,系统再自动统计汇总,编成战果统计表,显示或打印输出,也可直接上报上一级指挥控制中心。

上述雷达情报处理、作战指挥、指挥引导三个分系统是指挥控

制中心的主要组成部分。

但是,要保证防空作战的顺利进行,还必须有其他一些系统予以保障和配合。例如技侦、航管、气象、武器控制、事务处理和后勤友援等分系统。

(3) 防空信息系统主要参数类型

系统主要参数类型有:

- 防空作战责任区——依据系统所担负的使命及实际兵力布置等情况,由上级确定。
- 接收处理雷达情报的范围——依据兵力部署确定。
- 雷达情报处理能力——通常是以系统综合前后的目标批数表示。
- 雷达情报输入密度——在单位时间内允许输入的最大情报量。
- 引导能力——与系统设备的配置有关。表示系统在同一时刻能引导多少批我机对多少批敌机进行拦截。
- 引导成功率——与机载武器装备性能有关。通常是用系统引导我机按预定航线接敌的概率表示。
- 威胁估计——表示敌来袭的空中目标对我保卫目标或防卫区域的威胁程度作出判断。
- 系统时延——是指系统从发现空中目标的时刻起,到指挥控制中心处理后,该目标在相应显示屏幕上显示出来的瞬间止的一段时间。

其他一些参数,如系统的可靠性、可用性、兼容性、抗毁性等不再作说明。

6.2.4 海军作战指挥信息系统

1. 海军作战指挥信息系统的军事需求和在联合作战中的地位

未来的世界局部战争肯定是多军兵种参加的联合作战,海军在

联合作战中将发挥巨大作用,发展先进的海军作战指挥信息系统是完全必要的。

海军作战指挥信息系统在联合作战情况下的地位,如图 6.4 所示。

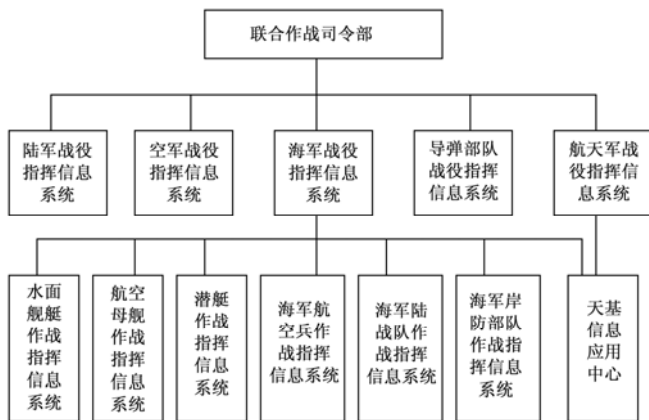


图 6.4 海军作战指挥信息系统在联合作战情况下的示意图

2. 海军作战指挥信息系统完成的主要功能

- 系统能接受海军各级或联合作战指挥中心下达的综合保障任务。
- 系统能收集并监视作战范围内海、空、地各系统和通信网运行情况,并对其进行指挥、调度、管理。系统能进行作战区域范围内的频率管理和指配。
- 系统具有辅助决策能力,能辅助海军各级长官和参谋人员进行各种战术计算;能辅助长官和参谋人员生成作战方案并进行评估。
- 系统具有信息收集、信息传输、信息处理(包括文电、图形、图像处理 and 数据库管理等)、信息显示等功能。

- 系统具有与海军上级、联合作战指挥中心、地面固定或机动指挥中心、相关军兵种系统指挥中心等互连互通能力。
- 系统具有快速反应、机动部署、抗毁能力。
- 系统具有定时、定位和系统设备监控功能。
- 系统具有安全与保密功能。
- 系统应是模块化结构，重量轻、体积小，操作人员少，便于快速拆装和转换载体，快速机动。

3. 系统组成

(1) 系统物理分系统组成

系统设想应由作战指挥辅助决策与综合监视台位、综合显示台位、综合数据库台位、综合网管与值班交班台位、业务处理与训练台位、通信与网络设备、电源设备等构成。

(2) 系统的技术分系统组成与划分

技术分系统设想由指挥辅助决策子系统、资源管理子系统、信息处理子系统（含文电处理、态势图处理、数据库管理等）、信息显示与监视子系统（含综合信息显示、通信网络监视等）、系统监控与定时定位子系统、系统及信息安全保密子系统等。

4. 系统研究的主要技术和关键技术

- 系统体系结构与总体技术研究
- 海上、水下、地面系统的支撑和装载平台选择及特殊结构工艺设计研究
- 指挥管理系统信息源的获取研究
- 指挥管理系统的网络管理与调度技术
- 指挥管理信息在空间图上的综合表达技术
- 系统的辅助决策应用技术
- 多网络信息综合处理与多网络综合监视技术

- 系统接口实现技术（传输接口、信息格式转换接口等）
- 系统的结构模块化设计及系统系统集成技术
- 系统的定时定位与系统监控技术
- 系统抗毁性研究
- 系统的电磁兼容性研究
- 系统的三防和特殊供电技术研究

6.2.5 导弹部队作战指挥信息系统

无论是战术导弹部队还是战略导弹部队对于一个主权国家来说都非常重要的，其作战指挥信息系统在联合作战中的作用十分显著。

（1）导弹部队作战指挥信息系统具有的能力与完成的主要功能

① 系统具有的能力

系统具有情报接收、目标识别和信息综合处理能力；具有应急反应能力；具有支持联合作战的能力；具有数字化作战辅助决策能力；具有导弹战术技术计算和指挥控制能力；使导弹发射指挥控制的时间大大缩短；系统的撤收、开设时间缩短；系统的有效性大大提高等。

② 系统完成的主要功能

应急和快速反应功能——装备精干有效的数字化设备，大大减少战前的准备时间，对目标具有快速打击的能力。同时在应急情况下，以数字技术为依托，以最简单的作战进程和作战信息、最少系统的设备配置、最低应急通信保障手段，传递最简短的作战信息，保证部队完成作战任务。

快速机动功能——采用车载机动方式，适应更加复杂的作战环境，系统更具有战场生存的能力，并且系统快速展开和撤收的能力有大的飞跃。

指挥程序高效可靠——指挥权得到合理的分散和分配，既方便又灵活地指挥流程，提高了武器和指挥系统的一体化水平，提高了

指挥的自动化水平。

精确的测地保障和气象保障功能——系统为发射单元提供精确的信息支持与应急保障。

（2）导弹部队作战指挥信息系统的系统组成

导弹部队作战指挥信息系统可由作战指挥信息分系统、应急通信分系统、情报保障信息分系统、电子对抗信息分系统、系统平台分系统、环境保障分系统等组成。导弹部队作战指挥信息系统组成如图 6.5 所示。

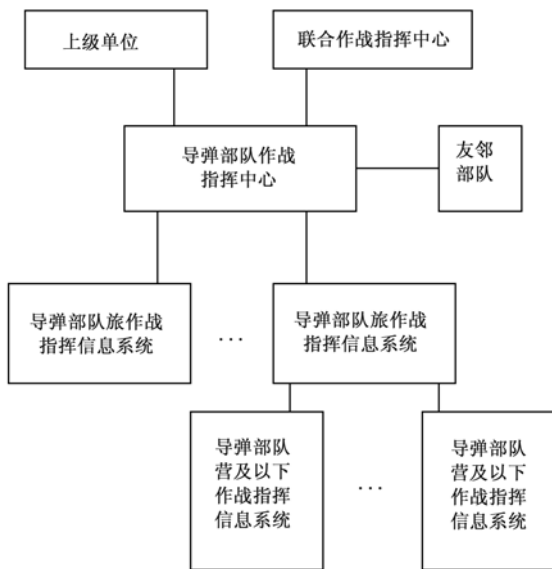


图 6.5 导弹部队作战指挥信息系统组成示意图

6.2.6 海军陆战队作战指挥信息系统

海军陆战队是一支多兵种合成的作战部队。它集步兵、装甲兵、坦克兵、炮兵、侦察兵、防化兵、通信兵、导弹兵等诸兵种于一身，

肩负远征、应急、海上登陆、守卫岛礁和兼顾陆地作战任务的部队。美国等国将海军陆战队作为一个与空军、海军、陆军相提并列的兵种，在近期的多次作战中都发挥了重要作用。因此加强海军陆战队的信息化建设是十分必要的。

海军陆战队作战任务艰巨、作战环境恶劣、指挥关系复杂，许多特殊作战任务都由海军陆战队完成。因此，各国特别是美国十分重视海军陆战队的建设。

海军陆战队在美军中有独立的组织系统，海军陆战队司令直属海军部长领导。一个海军陆战队两栖部队可由一个陆战师和一个航空联队编成，也可以由数个陆战师和数个航空联队编成。海军陆战队可在舰载、车载和徒步及分散等情况下作战。

美国的海军陆战队的指挥控制系统包括八个分系统，它们是：陆战队综合火力与空中支援分系统，战术作战分系统，战术空战中心分系统，陆战队空地情报分系统，位置标定报告分系统及联合战术信息分发分系统，陆战队综合人事分系统，战术作战模拟、评估与分析分系统，陆战队综合后勤分系统等。

从信息处理的角度考虑，海军陆战队的技术分系统可分为：情报侦察与信息采集分系统、通信网络与信息传输分系统、信息融合与情报处理分系统、信息综合与综合态势显示分系统、定时定位与系统监控分系统、安全保密分系统、指挥决策分系统、信息保障分系统等。

海军陆战队从物理的角度可分为：陆战师指控系统、陆战旅指控系统、陆战营指控系统、装甲营指控系统、特种作战分系统等。

海军陆战队综合信息系统的主要功能有：情报收集和处理功能、文电起草与处理功能、战场监视功能、话音和数据传输功能、态势显示功能、不间断和机动通信功能、资料查阅和存储功能、数据库管理功能、系统资源共享功能、定时定位功能和系统监控、安全保密、业务处理、作战值班、指挥决策、系统的重组及可扩展性功能等。

海军陆战队综合电子信息系统的主要关键技术有：系统的电磁兼容和防电磁泄漏技术，系统的抗干扰技术，系统设计中的设备加固和设备小型化、模块化、组合化实现技术，系统的三防（防水、防盐雾、防霉菌）实现技术，系统在机动情况下的保密、抗干扰通信技术，系统在恶劣条件下的环境适应性、可靠性和抗毁性技术等。

6.2.7 军事信息系统的网络瞄准技术及其应用

1. 网络瞄准技术概述

随着空间技术的不断发展，空间探测器的分辨率不断提高，现有的武器装备和技术已基本具备精确打击地面静止目标和固定目标的能力。但是打击地面活动目标（时间敏感性目标）的能力尚有很大差距。单一地发展传感器、武器或通信设备，已经不能满足现代战争要求，必须将过程、系统、技术、战术结合起来，通盘考虑，并将这种在侦察、控制、处理、传输与打击之间实现深层次互连的方式称为“网络瞄准”。

网络瞄准技术利用广域空间内的多种传感器和武器，通过战术数据链形成传感器与传感器和传感器与武器之间的通信网络，对时间敏感的、机动或移动目标进行快速的发现、识别、跟踪、定位和精确打击。在网络瞄准体系中，通过一体化的传感器指挥控制使地域分散的多个传感器协同工作，生成精确的目标瞄准信息，然后将信息直接发送给网络化武器。在武器飞向目标途中，瞄准信息将不断更新，从而确保精确打击。未来战场系统将由传感器、指挥控制系统和武器系统组成，构成从传感器到武器的“杀伤”链。系统的发展方向是加快信息收集和传输及处理、分发的速度，缩短从“传感器到射手”的信息传输时间，提高摧毁敌方时间敏感目标的能力。

网络瞄准系统可以全天候地为远程、精确、快速地打击地面（海上）移动目标和空间目标提供信息支持，采用系统集成的方法形成

一个网络化的作战系统，将过程、系统、技术和战术结合起来综合考虑，以“机器—机器”相互作用的方式，直接生成动态的决策性指令，使用广域内的多个传感器、多种武器，通过信息传输网络加以沟通。

2. 网络瞄准系统体系结构

要构建一体化的信息传输网络，使各传感器系统、指挥控制系统和武器系统接入到网络中，使目标获取、识别、跟踪、定位、打击网络化。

由广域内的多个传感器组成的传感器网络，能在广泛区域实现对目标的跟踪，配合适当的融合算法，便可利用多传感器获得的目标方位数据，实现对目标的定位。

指挥控制网络是整个系统的神经中枢，是信息处理与指挥控制的主体，是夺取信息优势、赢得主动权的重要环节，并对感知网络和交战网络的运作起支持作用。指挥控制网络主要内容包括：

- 综合战场态势处理；
- 多传感器的管理控制；
- 任务规划及目标分配；
- 通信指挥及网络管理；
- 效能评估；
- 分发威胁情报。

任务规划、战场管理与传感器管理是系统的核心，其主要任务有：

(1) 根据作战使命与作战意图或预警信息驱动，对目标探测与监视手段、攻击手段与防护手段进行任务规划；

(2) 协调工程测控系统，制定有效载荷控制计划和业务计划，对天基、空基和地基各种信息系统实施管理控制；

(3) 建立有效的辅助决策手段，辅助完成作战指挥决策过程，提高决策的时效性、准确性和连续性；

(4) 在海量信息数据中快速搜索出所关心的目标信息, 并且准确定位情报信息数据源, 建立准确、可靠和高效的信息分发体制, 确保情报信息可靠送达目的地。

态势感知信息处理包括目标监测、多传感器融合处理、目标跟踪、威胁评估和态势综合等功能。它是指接收多种探测手段获取的目标信息, 完成监视信息的处理, 从而发现、识别和跟踪定位目标, 并在此基础上估计其威胁程度及企图, 为对敌目标攻防提供信息保障支持。总体上, 通过建立多元信息融合技术体系来实现。建立的多元信息融合系统最终能够提高整个系统的综合性能, 主要体现在以下方面:

- 提高系统可靠性、容错性;
- 获得稳定的工作性能;
- 获得目标或事件的准确信息;
- 增加测量空间的维数, 减少探测盲点;
- 改进对目标的检测和识别。

信息基础设施的目的是建立、维护和使用一个共享的信息框架, 是系统各部分对信息的共享、集成、融合和互操作的基础。信息基础设施内容包括:

- (1) 信息内容, 即基础数据和专题数据;
- (2) 信息服务内容, 即提供对信息共享、集成和互操作的功能与接口。

3. 关键技术

(1) 多军兵种综合信息系统组网技术

多军兵种综合信息系统组网技术是建设网络瞄准体系的基础, 其必须具备以下功能:

- 可适用天基、空基和地基等多种平台;
- 通信容量可视战况实时配置;
- 信息传输时延小, 优先信息的时间延迟最短, 支持对时间敏

感目标的精确打击；

- 采用宽带模式支持影像数据传输；
- 无中心点故障，易于使用。网络容量大，能够在广域范围内支持众多异构平台之间传输；
- 可在各平台间动态自组网，用户接入等待时间短等。

一体化组网技术主要内容包括：分级分布式的网络管理体制、智能代理技术，网络自主控制技术，网络故障定位、预测、评估和修复技术，空间信息网络资源动态调配技术，网络规范与标准技术、宽带星间、星地、空地链路传输技术，高效纠错编码技术，星载天线设计技术，抗干扰技术，天线自动对准控制技术等。

（2）多传感器管理技术

用于多目标检测、识别和跟踪定位的多传感器管理方法是系统中的重要组成部分，分析目标优先级及传感器与目标配对的量化问题，建立效能函数和浪费函数，以传感器系统的综合效能最大为优化准则，以最大跟踪能力和对目标的覆盖为约束实现传感器资源分配，目的是充分利用有限探测资源满足对多个目标和扫描空间的要求，以得到各具体特性的最优度量（检测概率、截获概率、传感器自身能力、精度或丢失概率等），确定传感器的工作方式和工作参数。传感器管理的范围包括空间、模式和时间管理。多传感器管理受信息需求、目标、时间优先级、数据融合信息、外部提示和请求驱动。其功能包括目标排列、事件预测、传感器预测、传感器与目标配对、空间时间范围控制、配置及控制措施等。

（3）信息利用及态势评估技术

态势评估技术综合多个传感器所获取的目标数据通过多传感器信息融合技术进行多级别、多方面和多层次的信息处理，从而产生新的有意义的信息。多传感器信息融合在多个级别上对各传感器观测数据及来自数据库的数据进行综合处理，每个处理级别都反映了对原始数据不同程度的抽象，其结果表现为在较低级别上对状态和属性的评估及较高层次上对整体态势和威胁的评估。用基于来自

时间序列上的信息来解释和表示战场态势，理想的态势评估能够真实反映战场态势，提供环境与实体行为的预测，增强了决策的置信度，改善了系统的可靠性，并由此提供优化传感器管理的依据。

6.3 多军兵种综合信息系统的信息栅格技术和网络中心战技术

6.3.1 多军兵种综合信息系统的信息栅格技术

1. 信息栅格和全球信息栅格的概念及发展情况

在军用信息栅格方面，美军走到了前头，正在开发建设的全球信息栅格（GIG）就是有力的证明。GIG 是 Global Information Grid 的英文缩写。全球信息栅格是由可以连接到全球任意两点或多点的信息传输能力、实现相关软件和对信息进行传输处理的操作使用人员组成栅格化的信息综合体。GIG 的目标是提供信息传输、处理、安全保密、分发、端对端的连通和管理业务，以及军兵种内、联合部队间和联盟部队间的互操作能力，从而实现信息优势、全谱优势，达到增强网络中心作战效能、推动网络中心战发展的目的。

GIG 的特点：一是信息获取全球化，真正可以实现“哪里有信息，哪里就能上网”；二是信息交换全维化，可供“全球共享”；三是信息处理智能化，在正确（或恰当）的时间将正确（或恰当）的信息以正确（或恰当）的形式（或格式）传递到正确（或恰当）的接收者手中，同时压制敌方谋求同样能力的企图，从而将信息获取能力最大限度地转化为科学决策能力和作战能力；四是信息设施兼容化，强调从传感器到射击器的全程信息一体化兼容；五是信息防护安全化，多层设置安全措施，纵深防护。

GIG 将系统分为五个层次：基础层、通信层、计算层、全球应

用层、使用人员层。基础层包括体系结构、频谱分析、法规标准、管理措施等。通信层包括光纤、卫星、无线通信及国防基础信息系统网、远程接入点、移动用户管理业务等。计算层包括网络服务、软件管理、各类数据库和电子邮件等。全球应用层包括全球指挥控制系统、全球战斗支持系统、日常事务处理程序及医疗保障系统等。使用人员层包括陆、海、空、天军及特种部队等。

GIG 的本质是完成指挥控制网、传感器网和武器平台网的综合集成,实现栅格内时域、空域的一致以及栅格的协同工作,实现联合部队的综合信息化,最终为网络中心战、信息优势、决策优势和全面主宰提供实现的基础。如图 6.6 所示。

信息栅格以资源整合信息共享为目的,提供了一种建设大系统的新体制和新技术,可解决长期以来“烟囱式”系统带来的困扰,为联合作战提供一体化信息支持。

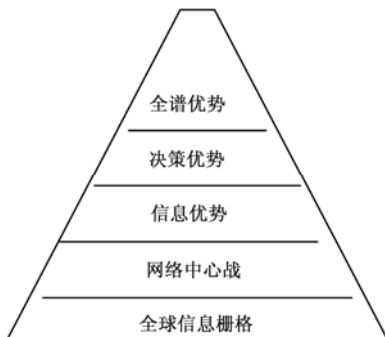


图 6.6 全球信息栅格是实现网络中心战的基础

信息栅格随着通信网络技术发展而产生。它利用计算机网络（如 Internet 网），将分散的各种资源（计算机、存储设备、软件、数据库等）连接起来，为处于不同地理位置的用户提供所需要的业务应用和信息服务。信息栅格的突出特点，一个是网上资源的共享和利用，另一个是多个栅格节点的协同工作。

信息栅格具有将各种资源整合为一个有机整体的能力,它高度集成、无缝链接分散的各类各层级信息系统,在广阔战场空间内,在跨军兵种的各种作战平台之间,实现系统的互连、信息的互通和应用的互操作,为信息用户提供“即插即用”服务。信息栅格资源整合和信息共享的本质,决定了它是未来一体化军事信息基础设施发展的方向。利用信息栅格思想和技术构建一体化的信息支持平台,推动军事信息系统建设和发展,是军事信息化建设的必然要求。

美军早在 20 世纪 90 年代中期,将栅格概念应用于 C⁴I 系统等。1998 年提出的网络中心战,定义了传感器栅格和武器平台栅格,栅格成为获得战场信息优势的关键要素。1999 年 9 月美军正式提出了 GIG 的定义,2001、2004 年相继发表了 GIG 体系结构 1.0 版和 2.0 版,计划 2020 年完成 GIG 的全部建设项目。美军把 GIG 作为进行军队转型、实施网络中心战的基石。

2. GIG 核心网的构建

在网络中心战环境, GIG 就像是一个覆盖全球的军用互联网。但是与商用互联网不同的是,它将较少依赖地面和固定系统与设备传输和路由数据,而是更多地依赖空间和移动 ad hoc 系统。

构建 GIG 一体化信息基础设施中,美国国防部将采取一些途径构建 GIG: 加强现在正进行的地面和空间网络系统,开展一系列核心技术项目,新项目旨在提高通信和组网能力;将现有和规划中的情报、侦察、监视系统、武器系统、指挥控制系统、通信系统、信息技术系统以及后勤、人员和其他业务相关的系统整合集成到 GIG,最终实现从传感器到射手的全程信息一体化。并通过全维、立体、多频谱、多节点的栅格化信息来实现全球共享。要实现这一构想,将涉及一体化信息系统基础设施、网络基础设施、业务平台和应用环境。其中最重要的是网络基础设施。通过网络基础设施在整个 GIG 范围内实现信息处理、信息存储、信息传输、信息管理、信息分配、信息安全保障等功能的相互关联、综合、可互操作。把

所有的传感器、武器平台、作战部队人员通过网络实现一体化。GIG的传输网络基础设施主要包括以下几部分:

- 在陆、海、空、天战术网络中采用基于 JTRS 的 MANET;
- 战术网络系统, 如 FCS (未来战斗系统)、WIN-T (战术级作战人员信息网)、ADNS (自动化数字网络系统) 以及 TDC (战区可扩展通信系统);
- 卫星通信系统, 如 MUOS (移动用户目标系统)、WGS (宽带填隙系统) 和 TSAT (转型卫星通信系统);
- 大容量 IP 光纤骨干网, 如集成到下一代 DISN 的 IP 核心网 GIG-BE、提供卫星系统和固定骨干网之间连接的 Teleport。

3. 军事信息栅格完成的主要功能

从技术角度来看, 军事信息栅格主要是提供资源整合与信息共享, 统一分类、规范、表示陆海空天各类信息, 实现各类信息的收集、传输、处理、存储、分发和管理的一体化, 为军事信息系统提供一体化信息支持。具体应包括四种能力目标: 一是信息的全面融合能力。通过在陆、海、空、天作战空间布署的多传感器系统, 将来自不同信源的战场情报、态势信息和其他资源, 进行灵活的信息融合、信息挖掘、信息过滤, 解决传感器数量少、共享差、利用不充分问题, 达成对陆上、海上、空中、空间各类目标的精确定位、识别和跟踪, 形成一致的战场态势图像。二是信息的“即插即用”能力。通过陆基、海基、空基和天基信息传送系统相结合的栅格化网络体系, 提供信息感知、访问和传递公共信息服务。指控系统、武器平台和作战人员可在恰当的时间, 从恰当的地点接入军事信息栅格, 按需访问、收集、处理、存储、分发和管理信息。三是共享的环境支持能力。为各种军事应用系统软件提供统一的开发和运行环境, 集成各种军兵种联合作战和独立作战任务的应用软件, 提高应用系统软件的可移植性、互操作性和重用性。四是安全的网络运

作能力。集成网络管理、信息分发管理和信息安全保证的功能。通过统一的安全体制和安全管理,可动态重构系统和网络管理,实现信息与服务的按需分发,为各级各类信息网络、系统和资源提供可靠高效的信息安全保证。

4. 需突破的关键技术

需突破以下关键技术:一是数据服务技术。将军事信息栅格上的各种数据库、文件和网页连接起来,组成具有数据“推”、“拉”能力的一体化信息库;二是发布/订阅和数据分发管理技术。将传感器、指控系统和武器平台通过发布/订阅的消息传递机制连接起来,动态、有序地把生存信息和时间紧迫信息优先传送到最需要的地方;三是系统的动态集成和重组技术。提供基本的、基于栅格服务的系统集成功能、资源动态分配功能以及系统静态和动态数据的备份和恢复功能;四是多级入侵检测和响应技术。在系统级进行病毒检测和防火墙等反入侵措施,在应用级进行入侵检测,通过告警功能通知军事信息栅格安全服务管理机制作出响应;五是共享信息融合机理与算法。开发以军事信息栅格环境为基础的、以不同使用组合为背景的数据融合节点,根据传感器和信息源的不同来选择相应的数据融合算法。同时,采用系统仿真技术,结合特定作战背景,对军事信息栅格涉及的关键分系统、关键装备和关键技术进行先期演示验证,探索形成大系统(系统的系统)的技术方案和途径,提高军事信息系统的整体水平和作战效能。另外信息栅格系统的体系结构、指标体系及需求、系统中的安全性技术、信息检索与分发技术、各类传感器和武器平台及各类指挥自动化系统即插即用及一体化接入中间件技术等方面的研究也十分重要。

军事信息栅格建设的核心是综合集成,要通过体系的集成、关键接口的连接,实现在研系统与已有系统的综合集成,各军兵种、作战部队信息系统和信息资源的综合集成,作战体系、传感器、指

控系统和武器平台与军事信息栅格的综合集成。从而有效地实现更大范围、更多层次的信息共享和有效利用。军事信息栅格的建设过程是资源不断整合和优化的过程,要通过军事信息栅格建设中信息设施、信息资源、信息服务和信息管理的一体化,实现现有信息基础设施向军事信息栅格的转变。

6.3.2 多军兵种综合信息系统的网络中心战技术

1. 网络中心战概念

网络中心战已逐渐成为美军 21 世纪的新型作战形式。网络中心战是相对于平台中心战而言的。这里的平台是指装载武器、传感器及其他电子设备的军舰、飞机、坦克等。平台中心战中各平台主要依靠自身的传感器和武器进行作战,平台之间的信息共享很困难。

在网络中心战中,先进的作战平台一旦成为网络中的节点,它就能通过清晰可靠的通用战术图得到各种作战平台上的传感器获得的信息,指挥员能同时感知整个战场的态势,其作战效能大大提高。另外,各级指挥员能利用网络交换大量的图文信息,通过网络和电视电话会议讨论制定作战计划,能很清晰地阐述指挥员的意图和解决各种问题。实现网络中心战后,下级指挥员和部队能够积极发挥主观能动性,可以自下而上地组织和协同复杂的战斗活动,将原来迟慢的按部就班的战斗行动转变成高速运动的连续性战斗活动,令作战对方防不胜防。

2. 网络中心战体系结构及发展

(1) 网络中心战体系结构

网络中心战体系结构按功能把整个网络分为互连的三部分:第一部分是传感器网络(信息感知网络),第二部分是交战网络(主要指火力系统),第三部分是信息网络(主要指信息传输部分)。

传感器网络是由一定数量的传感器节点通过某种有线或无线通信协议连接而成，它通过数据融合技术迅速整合整个战场空间的态势图，其完整性和精确度远远超过了任何单个传感器所能达到的水平；交战网络能够对分散在区域内各平台上的武器进行控制和整合，作战人员可根据战场态势和目标性质进行全面考虑，迅速合理选择并发射打击目标效果最佳的武器，这种武器可以是本平台上的，也可以是其他平台上的；信息网络为传感器网络和交战网络提供支撑，它是所有这一切的基础，它不仅是动态开放的网络，也是保密的网络，整个网络通过指挥控制程序进行管理。同时为了提高速度，许多指挥控制程序是自动运行的，各级传感器获得的目标信息可以直接传输到武器发射系统，这大大地缩短了反应时间。这三种网络赋予网络中心战强大的功能。

（2）网络中心战的发展

网络中心战的实现有两个重要的基础。一是现代科技的发展和商品化，这使得网络中心战的实现成为可能。这包括大规模集成电路技术、计算机技术、软件技术和网络技术，特别是商业化网络的成功应用。所有这些促成了网络中心战概念的形成。二是现代武器技术，主要表现在武器的高精度和智能化，使网络中心战中的交战网络才有可能实现。

美军在发展网络中心战上表现出的特点为：一是建立全维的探测网，夺取制信息权。二是注重武器装备的数字化、信息化建设。三是加强网络中心战相关装备的发展。网络中心战依赖的有关装备如联合火力网、协同作战能力网、战术互联网、战术输入系统、全球指挥控制系统、数据链等。

为了实现网络中心战，美军采取了分阶段逐步实施的方法。为此，前后出台了多项详细的实施计划。美军还在网络中心战实施过程中尽量利用商业上成熟的产品和技术。

另外值得提出的是，若要取得未来战场上的信息优势，应具备

能阻止一切恶意进入基于网络中心战的计算机通信网络的企图,而且还应该具备对各种类型网络攻击行动及时检测并对之作出恰当响应的能力。构建这些网络,最重要的就是要实现各个作战平台、系统和用户之间的互操作性,这是保障多军兵种协同作战能力充分发挥的基础,而要实现互操作性,就必须采用网络中心战的许多新技术。

3. 网络中心战中需求背景和通信需求典型特征

从平台中心战向网络中心战的演变,涉及“物理域”、“信息域”和“认知域”三个重要方面。从物理域和信息域层面看,支持实现网络中心作战能力的是一个完整的综合信息系统体系。这个体系支持实现传感器、决策者、射手之间连网,使地域上、空间上分离的部队通过“连网”而形成“网络化部队”,从而提高部队之间的作战自同步程度,提高指挥决策速度,达成更大的战斗力和武器杀伤力,从而提升部队整体作战效能。从通信角度看,最重要的是“无缝连网”和“信息按需传递”,即将作战所需信息在适当时间内传送到所有需要使用这些信息的任何“单元”。

在“信息域”,其应用目标是获取整体的信息优势。因此,实现“平台中心战”向“网络中心战”转变,对信息传输(通信)提出了前所未有的作战使用需求。使构建新的通信体系面临巨大的挑战。实现“平台中心战”向“网络中心战”转变,是一个历史性变革,需要一个相当长的“历史时期”才能完成。从“网络中心战”概念提出至今,已经过去了10余年,总体上看,“网络中心战”对通信使用需求的典型特征,主要功能和关键性指标已初露端倪,为进一步研究详细的通信需求打下一定的基础,也为如何构建新的通信体系起到一定的指向性作用。应用系统对信息传输的主体需求特征可概要如下:

(1) 信息“无缝流动”特征

“网络中心战”对信息传输的一项基本需求是“将合适的信息在合适的时间送到合适的使用者”,而不论该使用者处于作战区域

的任何位置和处于移动或固定状态。要满足该项使用需求，新的通信体系必须是“无缝连网”的，信息必须是“按需传送”的。

（2）信息“数字化”特征

网络中心作战模式中，应用信息主要表现为“数字化”形式，且数据信息在通信中的比例将会越来越高。信息在应用层面已数字化，信息的传输必须支持数字化信息传递。

（3）信息“分级优先传输”特征

从应用角度看，信息的重要度和用户对信息时间敏感度等是不同的。而实现优先级的区分或选择在很大程度上是“自动”实现的，不需或极少进行人工干预。新的通信体系应能支持按信息的优先级进行传输。

（4）信息传输“海量容量”特征

在“平台中心战”模式，相当多的信息只在本平台内部流动；在“网络中心战”模式，大部分信息是在指挥机构、传感器、平台、甚至士兵之间流动。因此，需传送的信息量急剧增加，信息传送具有“海量信息容量”的特征。新的通信体系应具有足够的带宽。当然，如何尽量减少那些不必要的信息传递，防止“信息爆炸”也是很重要的，这是另一个重要的研究课题。

（5）信息“高可用度”特征

未来的新通信体系，即使支持实现“信息无缝流动”的基本使用需求，但“信息可用度”在应用层面也是一项重要的使用需求。特别是重要的指挥控制信息、火控数据等。未来通信体系传送到用户的信息是“可用”的，即经传输的信息可用度要高。

（6）信息传输“高安全性”特征

信息在通信体系中传递，特别是无线或卫星通信系统中传递，其信息安全性是很重要的。信息传递过程中，抗截获、抗破译、通信网络安全防护能力等是信息传递安全性的重要度量指标。

（7）信息传输“透明性”特征

未来的新通信体系，对信息传输的“透明性”要好。友好的支

持任何用户接入通信系统。新的通信体系应能支持应用系统“即插即用”和信息“透明性”传输。

(8) 信息传输“自同步”特征

能以网络中心作战模式遂行作战任务的网络化部队是“自同步的部队”。要提高部队的“作战自同步”程度,涉及的面非常广。在构建未来新通信体系时,要充分考虑如何支持网络化部队作战“自同步”要求,如信息传输管理、通信资源管理、通信网络拓扑结构变化和通信网络设施物理位置变化对信息传输的影响等,都要从如何实现网络化部队“作战自同步”角度进行考虑。

4. 支持陆海空天一体化的海战主战场的网络中心战

现代战争的主要特征是全纵深作战、非线性作战、非接触作战,这种交战方式不再局限于一定战区的有限范围,而是扩大到了全球范围的陆、海、空、天、电和网全维空间,信息化战争将成为 21 世纪的主要战争形态。

正是在这样的世界新军事革命发展大背景下,现代海战主战场也已经发生了根本性的变化。海军作战的空间已遍及陆、海、空、天、电磁等全维空间,它们既相互独立又相互作用,使高技术海战呈现为海、地、空、天、电磁、网络等一体化的作战行动。

现代海战从海战指挥决策到精确打击武器都离不开信息技术的支持。信息与火力的结合将形成新的“瘫痪战”战略,这种海战打击理论所强调的不是摧毁作战平台,也不是杀伤有生力量,而是通过破坏指控网络和信息系统来使敌方舰队的各种系统处于瘫痪状态,达到战胜敌方的目的。21 世纪信息技术的发展,将使海军指挥层次大大缩减,信息化海战就是打“海上网络”,使舰队传统的指挥机构由等级型变为扁平型。减少中间层次,精简指挥机构,采取宏观决策和委托式指挥将成为现代高技术海战的一大特色。所以,海军指挥层次将向横向一体化、扁平化、网络化发展。

多功能综合电子信息系统的应用和发展,使得全新理念的海战

场的指挥、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察等连成一个有机整体，构成了控制整个海战主战场的神经中枢。舰艇（水面与水下）、飞机等作战平台之间的对抗将由网络中心战来替代，基于网络中心概念的综合电子对抗已经成为现代海战制胜的核心环节之一。纵观未来的科技进步，出现在 21 世纪海战主战场上的新型舰载预警、探测、监视、侦察、指挥控制、通信系统将 与航空、航天及水下传感器一起构成一个多系统、多平台的大纵深、全方位、全天候、多层次、立体化的目标获取、识别、跟踪和定位综合集成系统，从而极大地增加了未来海战的时空跨度。这些远程侦察、监视、导航和指控系统完全有能力确保海基巡航导弹等远程武器在敌国领海、领空甚至海防武器的防区范围外进行超视距攻击，一举夺取海战主动权。

总之，由于现代海战主战场的全维化、电磁化和数字化特征，使得海上力量同时置身于空中、地面、水下、空间和电磁等威胁的包围之中。无法遮掩的暴露的海上目标以及透明海战场的本质特征，迫使现代海战将更强调多军兵种、立体化、协同化的联合作战。单独的军兵种、舰种、机种已经无法取胜。只有通过将现代海战场上的各种作战平台、系统和作战单元建设成一个互连互通互操作以及具有协同交战能力的一体化网络，才能真正实现资源、信息、知识的共享，获取海战场的信息优势，并进而获得决策优势和作战优势。

6.4 多军兵种综合信息系统相关 战术数据链的组织运用

6.4.1 建立分布式情报链，实现战场各种态势信息实时共享

适应复杂战场环境特点，建立分布式情报链，将分布在全维作

战空间中的侦察、探测系统联为一体,并使所有侦察系统获得信息在整个作战指挥网络中实现信息共享,使整个战场空间内的各个作战单元都能共享所有情报信息。实现空情、海情和陆情信息等多种实时信息的同网传送和同屏显示。增强各级作战指挥系统对整个战场态势的感知能力,提高整个作战体系的情报侦察效率。

在伊拉克战争中,美军构建了多军兵种综合信息系统的无缝隙全源情报体系,从外层空间的各类卫星到适合各种高度的无人侦察机、预警机和低空飞行器,再到部署在地面的各类传感器和特种作战人员。通过数据链将各种空中侦察平台、传感器实现网络化和一体化,使美军“从传感器到射击手”的时间大大缩短,提高了战场对美军的单向透明度,增强了美军的信息优势、决策优势和协同作战能力。这些都与全源一体的分布式情报链有着密切的关系。

信息化条件下,立体部署各种侦察探测网,组织运用分布式情报链,科学配置,多层次部署。一是多层次部署空间侦察链,由各种空间侦察卫星如照相侦察卫星、电子侦察卫星、导弹预警卫星、海洋监视卫星、核爆探测卫星等组成;二是多形式配置航空侦察链,航空侦察具有灵活、机动、准确和针对性强的特点,可有效地弥补卫星侦察周期长、重复概率低、对重点地区不能连续监视和详查、受气象影响等不足;三是远中近展开的地(水)面侦察链,由地面和水面的探测预警系统,通常由探测预警雷达、数据链和传输系统三部分构成,它与指挥控制系统直接相连,是情报侦察与探测系统的主要情报获取设备,是形成强大的全维侦察能力的基础。信息化条件下作战,应利用水面舰艇和潜艇等相对独立的侦察平台携带的雷达、声呐、电子支援设备和光电设备等,实施超越敌前沿侦察,适应近距离情报侦察的需要,将电磁、红外、激光告警装置综合在一起,采取伴随展开工作方式,全面提高对目标的识别能力;四是地(水)下侦察链。将侦察设备和天线全部埋设地下,用来侦查地下情报,系统隐蔽性和防护性好,有较强的抗摧毁和反侦察的能力。根据地(水)下情报侦察距离、对象的特点,地(水)下情报侦察

设备宜与武器打击单元、指挥控制单元组织近距离的专向或小规模的数据链。

6.4.2 建立跨越式指控链,实现指控过程与信息系统的融合

信息化条件下作战的重要标志是联合作战,其应该是指挥流程与信息相一致。以信息的使用效益为核心,按战场感知的过程,以情报处理机构为中心,建立统一的信息获取、信息传输、信息处理、信息发布的情报信息共享体系:按照作战指挥和信息反馈的形成过程,在各级指挥节点和指挥终端间,建立纵向指挥体制信息流程体系;按照作战协同过程,在各军兵种间建立横向协同信息流程体系。为此,需建立跨越式指控链,构建信息近实时传递的指挥网络。实现战略、战役、战术三个层次上信息获取、处理、分发兼容,实现作战单元、单个作战要素横向间信息通联,确保纵向贯通,满足不同军兵种、不同层次指挥机构的指挥需求。

信息化条件下作战任务重、作战地域广、参战力量多、指挥协同复杂、联合指挥机构级别高,形成对作战指挥的跨度大。为此,需组织跨越式指挥链。跨越式指挥链是横跨式、越级式指挥链的统称。为了保证对诸军兵种部队的联合行动实施指挥,必须突破诸军兵种间的体制限制,组织“横跨”诸军兵种的指挥数据链。为保证对远离指挥机构部队实施指挥,如对渗透到敌纵深内的特种作战部队、空(机)降部队实施指挥及对执行特种任务的导弹部队、航空兵及潜艇编队实施指挥等,必须超越指挥递阶,组织越级指挥数据链。海湾战争中,美军在地面作战阶段,其陆军最高指挥员就搭承载有数据链系统的指挥机,成功地对各种作战力量实施了跨越式指挥。采用跨越式指挥可以将以往需要综合采用多种指挥方式才能完成的指挥任务,通过指挥员的跨越式指挥予以完成,从而大大节省时间,提高指挥效率。在美国国家军事指挥中心,美国总统兼武装部队总司令利用指挥链逐级向第一线作战部队下达命令,最

快3~6分钟;若越级向核部队下达命令,最快只需1~3分钟;只需40秒钟便可实现与主要司令部的电话会议。

跨越式指挥链克服了传统指挥式中受通信联络、指挥员素质、指挥层次、指挥跨度等因素的影响,可以直观形象地将战场情况适时地显现在各作战指挥员的面前,使下级指挥员既可以通过数据链系统接受上级的指示,又可以通过数据链及时掌握相关情况、迅速下定决心,以及通过数据链系统将决心报上级批准。上级和下级通过数据链有效地交换意见,达成共识,保证上级及时了解掌握情况,确定正确决心,便于下级正确领会、贯彻上级的作战意图。

考虑到跨越式指挥数据链内指挥关系复杂等问题,组织数据链时必须严格遵守指挥员对各级权限的划分和界定,避免引起多头干预带来的问题。因此,指挥数据链的组织是追随指挥关系的变化而灵活调整的,可有效地满足指挥机构的不断机动、灵活配置的要求,确保复杂战台下指挥的顺畅。

6.4.3 多军兵种综合信息系统与战器系统战术数据链运用

多军兵种综合信息系统通过各种有无线信道,在各级指挥所、舰艇、飞机及各种作战平台的指挥控制系统或战术平台之间,构成陆、海、空一体化的数据通信网络,按照规定的信息格式,实时、自动、保密地传输和交换各种指挥数据,极大地提高了指挥决策指挥效能。

发展军事电子信息系统和攻防结合的信息化武器势在必行。由于军事信息化技术的大量使用,使武器装备的信息化增添了活力。军事信息技术和信息化武器装备是进行信息化战争的物质基础和基本条件。信息化武器装备主要包括信息化的作战平台,信息制导的导弹,C⁴ISR系统所包含的设施、器材和工具,单兵信息化装备,在网络空间作战的信息武器装备如计算机等。信息化武器都是软件与硬件紧密相结合,每个弹头、每个探测器、每个平台等都是如此。

软件和硬件的质量决定着信息化武器装备的质量。信息化武器装备不是独立的，它们是信息网络家族中的成员。靠系统提供信息，进行相互支持与协同，离开了信息网络就影响性能的发挥。信息化武器形成体系后，在信息网络化战场上其智能化水平和一体化作战能力大大提高，在信息化武器装备的系统间可进行信息联网，实现信息共享、横向联系和一体化战争。信息化武器装备提高了杀伤破坏力、精确打击力、生存能力、机动能力、综合作战能力。

指控信息系统与武器系统由通信系统连接与进行信息交互，包括指控系统对武器系统的指挥命令信息、武器系统向指控系统报告的武器系统的状态信息以及其他环境信息等。充分评估武器系统在战场上所能发挥的作战能力，正确使用武器系统，提高整体战场的作战效能。

指挥控制系统与武器系统交互信息的通道应当比较完善，便于指挥系统直接指挥与控制武器系统的动作，可以极大地提高武器系统的时效性、准确性，提高和充分发挥武器系统的战斗效能。真正使指挥控制系统成为武器系统的倍增器。

6.4.4 建立贯通式协同链，增强协同作战能力

为了有效地保证密切协同作战，实现协同一致的行动目标，发挥诸军兵种作战力量的长处，形成作战整体效能，就必须建立可操作性强的、适应于战场需要的协同数据链，为诸军兵种协同提供实时信息传输。信息化条件下作战，协同关系复杂，协同数据链的组织既要考虑到各军兵种要素之间的协同，又要考虑到各军兵种内部的协同，针对战场情况的变化，适时进行数据链组网的动态调整，根据需要组织转网、并网，科学组织和建立三军贯通式协同数据链。保障重点是对作战全局有影响的关键性协同作战行动。通常组织协同数据链的单位有：各军（兵）种作战集团间的协同；主要方向行动的作战集团与次要方向的作战集团间的协同；侦察预警中心、电

子战中心、心理战中心以及作战支援中心之间的协同等。其中，各军（兵）种作战集团之间的协同是重点，应统一组织实施，要针对具体作战样式，明确各种作战集团之间相互协同过程，理顺关系，以有效地发挥整体作战效能。在作战初始阶段，可组织主要由空地之间以及地面各支援集团组成协同链路，空、海之间以及地面各支援集团组成协同链路，地面部队与空军参战力量组成协同链路，可靠地将来自各方面相关的信息数据进行融合。随着作战进程的深入，可调整组织由主要实施火力打击的空军、导弹部队和地面炮兵部队，以及实施主要集团组成的协同链，各种单位的链路子网在网控设备的协调下以多网方式工作，相互间共享敌情、我情、态势变化等战场数据。必要时，与立体部署的雷达探测数据链综合在一起，增加对陆覆盖面积，减轻地形遮蔽和雷达视距对舰载雷达的限制，提高协同过程中三军的态势感知能力。

6.4.5 建立动态式保障链，增强物资器材保障水平

信息化条件下作战，各种天然、人力地形障碍，多变的气象、水文条件，复杂的电磁环境等，严重影响联勤保障。联勤保障既需要在后方宽阔的地域展开，又需要在有限的作战地域内遂行机动保障任务，人员、物资、装备密度大，隐秘伪装难度大，组织实施联勤保障极为困难。因此，联勤保障须针对特殊的战场环境，建立一体化保障体系，超常组织各种保障力量，建立动态式保障链，实施“聚焦式”伴随保障，最大限度地发挥整体保障效能，以满足诸军兵种精确作战后勤保障的需要。

第7章 军事电子信息系统的软件技术

7.1 系统软件工程化

随着技术的进步和软件开发经验的逐步积累，软件工程化的内容、含义、开发要求、开发方法、开发过程和软件的测试等都将赋予新的内涵，不会保持永恒的模式。

7.1.1 “软件工程化”含义

软件工程是“应用计算机科学、数学及管理科学等原则，开发软件工程。”它借鉴传统工程的原则、方法，以提高质量，降低成本为目的。即采用工程的概念、原理和方法来开发和维护软件，把经过时间考验而证明正确的管理技术和当前能够得到的最好的技术方法结合起来，这就是软件工程。“软件工程化”是指用工程化方法来开发软件的一系列过程与活动，即以软件的数学模型及有关科学理论为依据，采用可定义、可量化、可管理的工程实践方法，实现软件开发过程的完全工程化。通俗地说，“软件工程化”就是用工程化的方式方法按照一定的规则、规范、标准来开发软件。软件工程化涉及方法、工具、理论及组织管理等四个方面，有专家称它为“软件工程化四要素”。软件工程方法为软件开发提供了“如何做”的技术。它包括项目计划与估算、软件系统需求分析、数据结构设计、系统总体结构设计、算法过程设计、编码、测试及维护等。软件工具为软件工程方法学提供自动或半自动的软件支撑环境。目前流行的是把诸多软件工具集成起来，使得工具之间实现信

息互用，这样建立起称作计算机辅助软件工程（CASE）的软件开发支撑系统。软件工程过程是将软件工程的方法和工具综合起来，以达到合理、及时地进行计算机软件开发的目的。过程定义了方法使用的顺序、要求交付的文档资料、保证质量和协调变化所需的管理以及软件开发各个阶段完成的任务等。可以认为，软件工程化是一个过程，它涉及规范、方法、工具、组织管理等方面的建设与应用中一系列问题。

软件工程化的目的是重用（主要对研制方）和提高质量（主要对用户）。软件只有重用才能提高效率，重用的程度越高、比例越高，效率也越高。重用不仅包括程序而且包括软件，如软件需求的重用和软件设计的重用等。重用是专业化的必然结果。在一个系统研制过程中，新研制部分超过一定比例会导致风险太大，甚至失败（如出现质量问题等）。一般情况下，重用、修改、新研的比例各为 1/3。

软件工程（或项目）开发的组织形式应按生产过程分阶段进行专业化分工。专业化分工可以提高所属员工技能，可以提高工作效率，可以提高质量。在软件工程化中，软件产品、软件工程、软件研究是不同的。研究只是技术，不管应用于何处。而工程项目和软件产品的目的是获利，研究最终目的也应是为市场应用服务。

7.1.2 软件开发方法

一个以软件为主的指挥自动化系统必须选择一种有助于达到任务书要求的、系统化的软件开发方法。软件开发方法有多种，已有的方法包括：功能分解法（采用程序员的思维方式）、结构化方法（采用一般工程技术人员的思维方式，DFD 法）、信息建模方法（采用关系数据库设计人员的思维方式，E-R 法）、面向对象方法（采用自然的思维方式——采用新的概念、新的名词、新的表示方式，以全新的面目出现在我们的面前，OO 法）。有人称前三种方法为传

统方法。目前最常见的软件开发方法有结构化方法和面向对象方法。结构化方法推荐使用结构化分析和设计方法(SA 和 SD)、IDEF 方法;面向对象方法推荐使用统一建模语言(UML)。项目研制时必须要在软件开发计划中明确所选定的软件开发方法。系统研制中注意将软件开发方法中规定的表示方法、规范、过程、步骤等,与采用的软件生存周期模型结合起来,以提高整个开发过程的效率。下面主要介绍一下面向对象方法。

面向对象方法是一种围绕真实世界的概念来组成模型的思维方式。其基本思想是:对问题空间进行自然分割,以更接近人类思维方式,建立问题域模型,以便对客观实体进行结构模拟和行为模拟,从而使设计的系统尽可能直接的描述现实世界。面向对象设计方法主要是在面向对象程序设计上发展起来的,是指挥自动化系统和软件比较流行的设计方法。在面向对象设计中,对象是描述实体的概念。面向对象设计包含两个重要方面,一是面向对象的分解,二是使用面向对象表示方法描述所设计系统的逻辑模型(类和对象结构)、物理模型(模块和过程体系结构)以及系统的静态和动态模型(交互、顺序、状态)。它是一种自底向上归纳和自顶向下分解相结合的方法。统一建模语言 UML 是支持面向对象设计的常用语言,UML 语言已成为当今国际工业界普遍认可和最广泛使用的面向对象建模语言和方法。UML 定义包括 UML 语义和 UML 表示法两个部分。UML 语义描述基于 UML 的精确元模型定义。元模型为 UML 的所有元素在语法和语义上提供了简单、一致、通用的定义性说明,使开发者能在语义上取得一致。从而消除了因人而异的最佳表达方法所造成的影响。此外 UML 还支持对元模型的扩展定义。UML 表示法定义 UML 符号的表示法,为开发者或开发工具使用这些图形符号和文本语法进行系统建模提供了标准。这些图形符号和文字所表达的是应用级的模型,在语义上它是 UML 元模型的事例。由于 UML 语言已成为国际上最广泛使用的面向对象建模语言和方法,Rational 公司的 Rose 建模工具也随之成为备受欢迎的软

件工程工具，它是基于 UML（统一建模语言）和 OMT（对象建模技术）的面向对象可视化的建模工具。Rational Rose 支持大部分 UML 建模框图，包括 Use Case 框图、Sequence 框图、Collaboration 框图、Class 框图、State Transition 框图、Component 框图、Deployment 框图等。

Use Case 框图：显示使用案例（表示系统功能）和角色（表示提供或接收系统信息的人或系统）间的交互。

Sequence 框图：按时间显示使用案例中的功能流程。

Collaboration 框图：按对象之间的交互关系显示使用案例中的功能流程。

Class 框图：显示系统中类与类之间的交互。

State Transition 框图：显示建模对象的各种状态变化。

Component 框图：显示系统中各个组件及其相互配置关系。

Deployment 框图：显示系统网络的物理布局和各种组件的位置。

Rose 模型包括所有的 UML 框图、角色、使用案例、对象、类、组件和部署节点。Rose 模型有助于开发人员与用户之间的交流，并记录其要求。系统分析时，可先设计 Use Case 框图，显示系统的功能；然后用 Interaction 框图（包含 Sequence 框图和 Collaboration 框图）显示对象如何配合，提供所需功能；Class 框图可以显示系统中对象及其相互关系；Component 框图可以演示类如何映射到实现组件；最后，Deployment 框图显示系统的网络设计。Rose 模型详细地描述了系统的内容和工作方法，可以作为所建系统的蓝图。

7.1.3 软件开发过程和软件开发过程控制

（1）软件开发过程

软件开发过程示意图如图 7.1 所示。

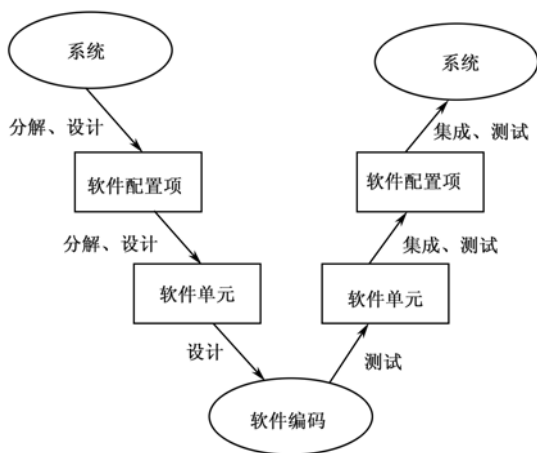


图 7.1 软件开发过程

（2）软件开发过程控制

按上述软件开发过程，结合所选定的软件生存周期模型、软件开发方法，将开发过程逐级分解为具体的活动、任务，并明确定义这些活动、任务的工作结果，形成适合所承担项目的开发作业体系。系统开发者以此作业体系为基础，制定详细、周密的软件开发计划，作为组织开发过程的依据。

7.1.4 软件开发过程阶段划分和应完成的主要工作

软件开发过程一般分为十三个阶段，不同阶段完成的工作内容不同。

（1）项目规划阶段

项目规划阶段是项目研制的准备阶段，其主要目的是在项目开始研制之前，确定研制工作的总体要求。

本阶段完成的主要工作内容有：根据系统研制要求，规划整个系统开发的过程和各种资源保障，制定系统研制计划。

（2）系统需求分析阶段

系统需求分析阶段的主要目的就是准确、完整地理解和体现需方的要求。开发人员参与定义和记录系统应满足的需求，确定验证这些需求的方法，在得到需方确认后，将这些系统需求作为设计和实现目标系统的基础。

本阶段完成的主要工作内容有：获取系统需求，进行分析和综合后定义系统的需求规格，完成相应的系统合格性测试计划，并开始制定系统合格性测试说明。

（3）系统设计阶段

系统设计阶段的主要目的就是系统将分解成硬件配置项和软件配置项，明确各自的功能和彼此之间的接口，并向软件开发人员下达软件研制任务书，作为软件开发的基本依据。同时，建立项目的开发组织体系，成立项目组，全面展开开发工作。如果系统规模较大，也可将系统逐级划分为若干个分系统、子系统、分机、整件、部件、单元等。

本阶段完成的主要工作内容有：分配系统需求，确定系统的组成、工作原理和技术实施方案，论证和研究系统的关键技术，制定质量保证大纲和可靠性措施，完成系统集成测试计划，开始制定系统集成测试说明。依据系统设计结果，制定软件开发计划，下达软件研制任务书。

（4）软件需求分析阶段

软件需求分析的目的是调查并充分理解需方要求，确定软件配置项的工作范围，准确描述所接受的需方要求。并以此为基础，定义待开发的软件配置项的全部功能、接口、数据以及约束条件等信息。对需方要求的理解是一个持续的过程，每当出现不清楚的问题时，就应进行补充调查。因此，该项工作有可能会一直延续到以后的几个阶段。

本阶段完成的主要工作内容有：了解需求方（用户方）的业务工作，确定软件范围，定义软件功能、性能、接口、数据和其他方

面的需求。完成相应的软件合格性测试计划，并开始制定软件合格性测试说明。

（5）软件概要设计阶段

软件概要设计的目的是对软件配置项的体系结构进行设计，将软件功能分解并分配给相应的软件单元，明确软件单元之间的接口，完成软件配置项的功能。如果软件单元的功能比较复杂，则可将其进一步分解为更具体的功能和接口，并分配给更低一级的软件单元。

本阶段完成的主要工作内容有：确定软件的体系结构，设计软件接口和数据结构，明确软件的运行过程，完成软件的集成测试计划，开始制定软件集成测试说明。

（6）软件详细设计阶段

软件详细设计的目的是确定各个软件单元内部的算法和数据组织，并将其清晰地表达出来，使之成为编码的依据。

本阶段完成的主要工作内容有：确定软件单元的算法，定义软件单元内的数据结构，完成软件单元的测试计划，开始制定软件单元测试说明。

（7）编码与软件单元测试阶段

编码与软件单元测试的目的是对每个软件单元用指定的程序设计语言编写程序，并对程序代码进行测试。

本阶段完成的主要工作内容有：软件单元编码，完成软件单元的测试说明，进行软件单元测试。

（8）软件集成与测试阶段

软件集成与测试的目的是验证软件单元之间接口的正确性，并将软件单元组装成软件配置项，对软件配置项进行测试。

本阶段完成的主要工作内容有：将软件单元集成为软件配置项，完成软件集成测试说明，进行软件集成测试。

（9）软件合格性测试阶段

软件合格性测试的目的是验证软件的功能、性能等特性与软件

需求的一致性。

本阶段完成的主要工作内容有：完成软件合格性测试说明，进行软件合格性测试。

（10）系统集成与测试阶段

系统集成与测试的目的是验证软件配置项之间、软件配置项与硬件配置项之间接口的正确性，将软件配置项、硬件配置项一起组装成系统，并对系统进行测试。

本阶段完成的主要工作内容有：将软件配置项、硬件配置项集成完整的系统，完成系统集成测试说明，进行系统集成测试。

（11）系统合格性测试阶段

系统合格性测试的主要目的是验证系统的功能、性能等特性与系统需求的一致性。

本阶段完成的主要工作内容有：完成系统合格性测试说明，进行系统合格性测试。

（12）交付阶段

交付的目的是按照合同书或任务书验证系统是否达到了要求，向需方交付已经验收通过的系统。

本阶段完成的主要工作内容有：完成系统安装，向需求方（用户方）进行交付。

（13）运行维护阶段

运行维护的目的是对已交付的系统提供各种售后服务，保证系统的正常运行。

本阶段完成的主要工作内容有：受理需求方（用户）投诉，提供运行过程中的维护。

这里的阶段划分是以“瀑布式”软件生存周期模型为基础进行的。不同种类的软件生存周期模型包括不同的软件开发阶段。项目组必须根据软件的复杂性、重要性、类型、分级、计划与进度等因素，将以上基本阶段进行适当的组合、重叠、交叉或循环，以形成适合所研制项目的软件生存周期模型。

常见的软件生存周期模型有瀑布模型和各种改进的瀑布模型。当然也可使用改进的瀑布模型，如快速原型模型、渐进模型、增量模型、螺旋模型等。

在软件开发计划中要明确所选定的软件生存周期模型。

7.2 软件开发特点及开发模型技术

7.2.1 软件工程实施的基本宗旨

软件工程是一门工程学科，涉及软件生产的各个方面，从最初的系统描述一直到使用后的系统维护，都属于其学科范畴。研究的目的在于生产无故障的、及时交付使用的、在预算内的软件产品。软件工程实施的基本宗旨如下。

(1) 用分阶段的生命周期计划严格管理。完善的计划是软件项目成功的前提，在漫长的软件开发过程中，应该把软件生命周期划分成若干个阶段，并相应地制定出切实可行的计划，然后严格按照计划对软件的开发与维护工作进行管理。

(2) 坚持进行阶段评审。

(3) 实行严格的产品控制。

(4) 使用现代程序设计技术。

(5) 结果应能清楚地审查。

(5) 开发小组的人员应少而精。

(7) 承认不断改进软件工程实践的必要性。

7.2.2 衡量软件工程成功的指标

衡量软件工程成功的指标有：

- 能够满足基本需要；

- 开发成本要小；
- 较低的维护费用；
- 及时完工并交付使用；
- 可移植性好。

更具体的产品性能指标是：开发的软件产品应该具有可修改性、有效性、可靠性、可理解性、可维护性、可重用性、可适应性、可移植性、可追踪性和可互操作性。

软件工程的目标为软件开发提出了明确的要求，在软件开发中必须遵循下列软件工程的原则：抽象、信息隐蔽、模块化、局部化、一致性、完整性和可验证性。

7.2.3 传统软件工程与面向对象软件开发方法特点

为了提高软件的生产效率和软件产品质量，选择好的软件开发方法是一个重要的措施。

软件系统开发方法的研究最早始于 20 世纪 60 年代，人们已开始注意软件开发的方法和工具。20 世纪 80 年代以后，友好的语言和自动化编程工具的出现，使得开发方法又有了进步，但维护费用又差不多占了 70%~80% 的系统开发费用。20 世纪 90 年代利用模块化和模块连接技术，大大降低了维护成本并提高了开发者的劳动生产率。20 世纪 90 年代中期，由于 Web 技术的出现，开发方法又出现了新的机遇，许多工作可以推给用户去做，这是一种很好的趋势，但开发工作仍然很多。

软件开发不仅仅是编写程序，还需要分析、设计、测试、维护、管理等。在软件开发过程中，需要有一套好的方法实现软件开发的规范化，使得参加项目开发的人员遵循同一个规则协同工作，同时也便于人们选择好的方法有效地解决复杂问题。

软件开发人员在长期软件开发实践活动中，不断归纳总结和完善了一些方法：结构化方法、Jackson 方法、原型方法、面向对象

方法等。其中有两种占主导地位的方法,即结构化方法和面向对象的方法,这在前面已经说过。在软件工程科学领域中,在面向对象方法实现之前,称为传统的软件工程方法学。在传统的方法学中,结构化方法被视为主流代表,广泛地应用于系统开发中。

结构化开发的基本思想是:用系统工程的思想和方法,按用户至上的原则,结构化、模块化,自顶向下地对系统进行分析和设计。具体地说,就是先将整个软件开发过程划分为若干个相对独立的阶段,如软件规划、软件需求、软件设计、软件实现等,然后分阶段逐步地完成。

结构化开发方法的主要特点如下:

(1) 自顶向下整体性的分析与设计和自底向上逐步实施的软件开发过程。即在软件需求分析与设计时要从整体全局考虑,要自顶向下地工作。而在软件实现时根据设计的要求先编制一个个具体的功能模块,然后自底向上逐步实现整个系统。

(2) 用户至上。用户对软件开发的成败是至关重要的,因此开发中要面向用户,充分了解用户的需求和愿望。

(3) 深入调查研究,强调在软件设计之前要进行详细的调查研究,弄清实际业务处理过程的每一个细节,分析并研究制定出科学合理的新系统设计方案。

(4) 严格区分工作阶段。把整个系统开发过程划分为若干个工作阶段,每个阶段都有其明确的任务和目标。在实际开发过程中要求严格按照划分的工作阶段,一步一步地开展工作,不能颠倒或打乱顺序。

(5) 充分预料可能发生的变化。强调在软件需求分析时考虑将来可能发生的变化,设计的系统要有一定的适应能力。

(6) 开发过程工程化。要求开发过程的每一步都按过程标准规范化,文档资料也要标准化。

然而随着时间的推移,结构化方法暴露了很多缺点和不足,所使用的工具落后,开发周期长,充分掌握用户要求和对系统要求的

预见性不符合人们认识事物的规律，开发过程中所用的表达方式不易被用户理解，因此在实践中有一定的困难。

而面向对象的软件过程是以对象为基础，利用特定的软件工具直接完成从对象客体的描述到软件结构之间的转换。面向对象方法的应用解决了传统软件工程中客观世界描述工具与软件结构不一致的问题，缩短了开发周期，解决了从分析和设计到软件模块之间多次转换映射的繁杂过程，是一种极具生命力的开发方法。

但面向对象需要一定的软件基础支持才可应用。另外，大型的复杂系统开发中对于系统结构的划分、各部分关系的协调要求采用自顶向下的结构化方法来整体考虑，所以目前传统软件工程和面向对象的软件工程在系统开发领域相互依存、不可替代。

7.2.4 软件工程过程

软件工程过程是指为获得软件产品，在软件工具支持下由软件工程师完成的一系列软件工程活动。软件工程过程通常包含四种基本活动：

(1) P (Plan) — 软件规格说明，规定软件的功能及其运行时的限制。

(2) D (Do) — 软件开发，产生满足规格说明的软件。

(3) C (Check) — 软件确认，确认软件能够满足客户提出的要求。

(4) A (Action) — 软件演进，为满足客户的变更要求，软件必须在使用过程中演进。

从客户提出的软件构想，一直到客户真正开始使用软件，其间的过程非常复杂，充满了各种各样不可预测的因素。

不同的软件过程以不同的方式组织以上四项活动，并且被描述的详细程度也不同。整个活动的进度情况是由每一个活动的结果来定的。不同的机构可能用不同的过程来制作同一类产品。虽然没有

“理想”的软件过程，但许多开发机构存在许多改进的软件过程，甚至包括落后技术或没有利用工业化的软件工程的最佳实践。

7.2.5 软件生命周期

一个软件产品要经历软件定义、软件开发、软件维护直至被淘汰这样一个全过程，我们把软件的这一全过程称为软件生命周期。软件定义、软件开发、软件维护等阶段还可分成若干个阶段，每个阶段既相对独立又彼此有联系。上一阶段的工作结果是下一阶段工作的依据，下一阶段是上一阶段的发展。

1. 软件定义阶段

软件定义阶段主要解决的问题是待开发的软件将要“做什么”，也就是要确定软件的处理对象、软件与外界的接口、软件的功能和性能、软件界面以及有关的约束和限制。软件定义阶段通常划分为问题定义、可行性研究和需求分析等阶段。

(1) 问题定义

问题定义阶段主要解决的是“用户要计算机做什么”。这一步是非常必要的，只有搞清了要干什么，才能够进一步去做，否则可能做无用功。

一般由系统分析人员通过对用户和有关部门的人员进行访问调查，根据对问题的理解，首先提出系统的目标和方案，然后和用户反复交流，对含糊不清和理解有偏差的地方进行修改，最后得到一份双方都认可的问题定义文档资料。

问题定义阶段所需时间并不很多。

(2) 可行性研究

可行性研究的目的是为前一步提出的问题寻求一种或几种技术上可行、且在经济上能够提高效益的解决方案，即上一步提出的问题是否可解。因此，这一阶段系统分析人员要作一次简化的系统

分析和设计过程。实际上是一高层次的、较抽象的系统分析和设计过程，并写出《可行性研究报告》。在报告的结尾要提出选择方案的建议或提出终止项目的建议。

可行性研究阶段应包括系统的高层逻辑模型（用数据流程图表示），并且要准确地、具体地确定工程规模和目标，然后估计系统的成本和效益，并进行成本/效益分析。

《可行性研究报告》是使用部门作出是否继续工程项目的重要依据。

（3）需求分析

需求分析阶段主要是确定目标系统必须具备哪些功能，因此这一阶段仍然不是具体的解决问题，而是要弄清“目标系统必须做什么”。

这一阶段要求系统分析员和用户进行充分的信息交流，虽然用户了解做什么，但是往往难以用专业的语言表达出来，系统分析人员知道如何去实现，而对特定用户的具体要求不是十分清楚，只有双方密切合作才能达成一致的认识，得出系统的逻辑模型。通常系统的逻辑模型用数据流程图、数据字典和简要的算法来描述。

需求分析的结果是产生《需求规格说明书》。这一文档资料既是本阶段工作的总结，也是下一阶段开始的基础。《需求规格说明书》只有提交审核通过才能开始下一步工作。

在前面的几个阶段工作中，一直采取的是一种推迟实现的思想，这样便于整体认识所要解决的问题，从宏观上把握实质，可以有效地防止和克服急于具体设计的倾向，减少因考虑不周设计反复的次数。

2. 软件开发阶段

软件开发阶段主要解决的问题是该软件“怎么做”，包括数据结构和软件结构的设计、算法的设计、编码、测试，最后得到可交付使用的软件，软件开发阶段通常又可分为总体设计、详细设计、

编码、软件测试等阶段。

(1) 总体设计

这个阶段的主要任务是建立软件的总体结构,即“概括地说如何解决问题”。

从需求分析报告中导出软件的结构图,在软件的开发中起着承上启下的作用。因为它占有重要地位,一般选用有经验的设计人员或系统分析员来承担软件结构设计。

总体设计中主要有两步工作:一是确定系统的方案,一般从数据流程图可以导出几种系统解决方案,对每一种方案估计它的成本和效益,在充分权衡各种方案利弊的基础上,推荐一个较好的系统给用户,用户认可后着手下一步工作。二是设计软件的结构,一般采用结构化的设计方法,确定程序由哪些模块组成以及模块间的关系,通常用层次图或软件结构图描述。

(2) 详细设计

详细设计是针对单个模块的设计,根据总体设计说明书给出各模块内部的数据结构和算法描述。即“如何具体地实现这个系统”。

详细设计一般由高级程序员和程序员担任,设计师要为每一模块提供一个模块过程性描述,用图形或伪码描述出来,称为模块设计说明书。

总体设计和详细设计合在一起成为系统设计,是软件开发的主要阶段,工作量大约有 25%~40%。

(3) 编码

按照选定的语言,把模块的过程性描述翻译成源程序,与需求分析和设计相比,编码相对要容易得多,一般由程序员完成,工作量大约是 15%~20%。

直到这一阶段,才产生能够在机器上运行的程序,前面各个阶段产生的都是文档资料。

(4) 软件测试

软件测试是开发时期的最后一个阶段。按照不同的层次又可分为

单元测试、集成测试和验收测试。测试是保证软件质量的重要手段。

一般单元测试又称模块测试，依据模块设计说明书，对每一个模块的功能和性能进行测试。这一部分有时候在编码阶段与调试一起进行，但是对重要的模块要单独测试。

对于一个软件来说，集成测试和验收测试是测试阶段的主要任务。所谓集成测试是根据总体设计的要求将经过单元测试的模块按照某种策略组装起来，在组装起来时对各模块之间的接口和调用关系、集成以后系统所实现的功能和性能进行测试。所谓验收测试是按照需求规格说明书的规定，由用户或在用户参与下对目标系统进行的验收。

大型软件的测试通常是由独立的部门和人员进行，测试过程中也进行严格的管理，要制订测试计划、测试用例，记录测试结果，最终要形成文档反映在《测试报告》中。工作量大约占全部开发的40%左右，有可能达到开发工作的2/3。

3. 软件维护阶段

软件开发结束后，即可交付用户使用。软件的使用通常要持续几年甚至更多年，在整个使用期间，都可能因为某种原因而修改软件，这就是软件维护。引起软件修改的原因主要有三种：一是软件运行中发现了软件开发中隐藏的错误而修改软件；二是为了适应变化的环境而修改软件；三是为了修改或扩充原有软件的功能而修改软件。因此软件维护就是为了使软件适应变化的环境、实现功能的扩充和质量的完善而对软件做的修改。软件维护阶段参与的人员是维护人员，该阶段产生的文档资料有维护计划和维护报告。

在软件存在整个生命周期中，软件维护的工作量要占很大的比重，维护的费用也相当可观，大约是整个软件费用的60%，因此在设计阶段就考虑维护工作，要建立完整的文档并且进行严格的质量审核，重要的是要考虑便于维护。

7.2.6 软件开发模型

在最初的程序设计阶段，人们根据自己的经验和喜好编写程序。同样的一个问题，有人只用十几条指令，有人可能要用几十条指令完成。由于编写程序时注重技巧，导致程序难写、难懂，更难以维护。所以从 20 世纪 60 年代开始，人们已开始注意软件开发的方法和工具，并用框架结构—软件开发模型来反映软件生存期的各项活动，而且随着技术和工具的进步，人们一直寻找新的开发方法，使软件的生产效率不断提高。

软件开发模型是软件开发全部过程、活动和任务的结构框架。它能直观表达软件开发全过程，明确规定要完成的主要活动、任务 and 开发策略。

软件开发模型也常称为：软件过程模型、软件生存周期模型或软件工程范型。主要的软件过程模型包括传统开发模型：瀑布模型、快速原型模型；演化模型：螺旋模型、增量模型；面向对象开发模型：构件集成模型；形式化开发模型：转换模型、净室模型等。

7.2.7 软件项目管理

技术和管理是软件生产中不可缺少的两个方面。对技术而言，管理意味着决策和支持。只有对生产过程进行科学的管理，作到技术落实，组织落实和费用落实，才能达到提高生产率、改善产品质量的目的。国外的经验表明，有不少项目因管理不善，造成费用超支几倍、开发周期延长一倍或更长时间的严重后果。在对失败软件的原因分析中，因管理不善造成失败的项目竟占总失败项目的半数以上。

管理的目的是为了按照预定的时间和费用成功地完成软件的计划、开发和维护任务。管理工作贯穿于整个软件生存周期。

7.3 软件需求技术

7.3.1 软件需求概述

软件需求是指用户对目标软件系统在功能、行为、性能、设计约束等方面的期望。通过对应用问题及其环境的理解与分析，为问题涉及的信息、功能及系统行为建立模型，将用户需求精确化、完全化，最终形成需求规格说明，这一系列的活动即构成软件开发生命周期的需求分析阶段。

需求分析是介于系统分析和软件设计阶段之间的桥梁。一方面，需求分析以系统规格说明和项目规划作为分析活动的基本出发点，并从软件角度对它们进行检查与调整，另一方面需求规格说明又是软件设计、实现、测试直至维护的主要基础。

7.3.2 软件需求分析的任务

需求分析就是对目标系统提出完整、准确、清晰、具体的要求，即通过与用户广泛的交流得出所要完成的目标系统必须具备哪些功能、应该为用户完成些什么工作、确定“目标系统必须做什么？”。主要有两个方面：通过对问题及环境的理解、分析和综合，建立分析模型；在完全弄清用户对软件系统确切要求的基础上，用“软件需求规格说明书”把用户的需求表达出来。需求分析相当于在用户和软件工程人员之间架设了一道桥梁，软件工程人员通过需求分析得到用户的需求。

7.3.3 软件系统需求分类

软件系统需求可以分为功能需求、非功能需求和领域需求。分

述如下。

功能需求描述系统所预期提供的功能或服务。即定义系统应该做什么,系统要求输入什么信息,输出什么信息,以及如何将输入变换为输出。它由开发的软件类型、软件未来的用户以及开发的系统类型决定。需求描述的详细程度与将要提供的读者对象有关。理论上系统的功能需求描述应该既全面又具有一致性,而实际操作起来难度较大,一方面由于系统固有的复杂性,另一方面由于观点和角度不同,因此需求会发生矛盾。在需求最初被描述的时候这些矛盾可能不明显,随着深入分析总是会逐步暴露出来,这就需要在验证、评审及随后的开发过程中对存在的问题加以矫正。

非功能需求是指那些不直接与系统具体工作相关的一类需求。主要涉及系统的总体特性,如可靠性、反映时间和存储空间等。非功能需求不仅与软件系统本身有关,还与系统的开发过程有关,因非功能需求关心的是系统的整体特性而不是个别的系统特性,非功能需求比功能需求对系统更关键。一个功能需求没有满足可能降低系统的能力。而一个非功能系统需求,没有满足则可能使整个系统无法使用。非功能需求涉及的面非常广,包括系统的性能、目标系统所受的限制条件和开发、维护软件的限制,还包括安全规章、隐私权保护的立法等外部因素。具体内容可由三个方面构成——产品需求、机构需求、外部需求。

对于非功能需求的表述要求尽可能的量化且可验证。需求描述的不详细和不确定会给开发者带来许多问题,在系统交付使用时会引发客户和开发者之间的争议。如果我们给出非功能需求一个可行的验证方法,对于系统是否达到了客户的目标,只要按照规定验证即可。

在实际过程中,对需求描述的量化是很困难的。如可维护性这样的目标,没有度量可供使用,客户也没有能力将目标转化成量化需求,因此需求文档中经常包括一些目标陈述,类似的陈述无法客观地度量而且容易产生模糊认识。

理论上, 功能需求与非功能需求在需求文档中要分别来描述, 实际上由于两者存在一定的联系, 有时又无法分开描述, 所以具体做法根据所开发系统的类型和需求而定。

领域需求是来自系统的应用领域的需求, 反映了该领域的特点, 它可能是一个新的特有的功能需求, 或者是对已存在的功能需求的约束或者是需要实现的一个特别计算。因为它们时常反映应用领域的基本问题, 所以领域需求很重要, 如果这些需求不被满足, 系统的正常运转就不可能。

7.3.4 获取软件需求的方法

需求工程过程的第一步就是对需求的说明。需求工程实际上是对系统的理解与表达的过程, 是一种软件工程的活动。理解的含义就是开发人员充分理解用户的需求, 对问题及环境进行的理解、分析与综合, 逐步建立目标系统的模型。通常软件人员和用户一起来了解系统的确切要求, 即系统要做什么。分析员(系统工程师)会见客户和终端用户(如果用户不同于客户), 客户可能是外面公司、分析员所在公司的市场部门, 或另一个技术部门的代表, 和信息工程一样, 其意图是了解产品的目的, 并定义满足该目的所需的具体目标。

一旦确定了全部目标, 分析员转向补充信息的评估: 建造系统的技术是否存在? 将需要什么特殊的开发和制造资源? 对成本和进度有什么限制?

在系统概念文档中说明在需要标识步骤时收集的信息, 初始的概念文档有时是由客户在会见分析员前准备的。客户—分析员通信将总会导致对文档的修订。

需求获取的目的是使开发人员全面地了解用户的需求。获取需求的手段无非是调查研究, 但是要想达到用户和开发者之间的充分理解是要经过大量的工作的。系统开发者自然想将需求描述的含糊

一点,这样可以简化对它的实现。然而,客户常常不希望这样做。因此双方的意图和说话都可能被对方误解;还有可能是由于双方交流的渠道不畅造成理解的差异。为此软件开发人员总结以往的经验提出了一些好的方法,如下所述。

(1) 系统调查

需求工程过程中首先要做的是可行性研究,这部分工作需要対现有系统进行调查研究,在对现有系统了解的情况下,才能分析和进一步地概括,系统调查是可行性研究的必要过程。

系统调查工作以系统分析人员为核心,成立调查组织,吸收原系统业务骨干和管理人员参加。可以有多个调查组同时工作,互相介绍情况。调查组要拟定调查计划和提纲,要明确调查的目的、范围、对象、方法和分工。

系统调查的一般方法有:发调查表征询意见、访问、开调查会、直接参加业务活动、请用户领导和业务骨干讲课、查阅文献资料。常用的方式有两种:

- 建立联合分析小组,系统分析员往往对用户的业务过程和术语不熟悉,用户也不熟悉计算机的处理过程。所以用户提供的需求信息,在系统分析员看来往往是零散和片面的,需要由一个领域专家来沟通。因而,建立一个由用户、系统分析员和领域专家参加的联合分析小组,对开发人员与用户之间的交流和需求的获取是非常有用的。
- 客户访谈是获取用户需求最常用、最基本的方法。系统分析人员深入现场和用户的业务人员进行多次交流。

(2) 快速原型获取和验证需求

在软件开发过程中快速原型法也常常被用作一种有效的需求定义方法,在需求工程过程中,开发人员根据对软件的理解,利用快速开发工具先快速地建立一个系统原型,然后让用户对原型进行评估,并提出修改意见,最终达到全面、准确地确定软件系统的外部行为和特征。

7.3.5 软件需求工程步骤

需求工程包括两个方面：一是关于软件开发过程中的需求开发阶段，另一方面就是涉及管理方面的问题即需求阶段的管理。

1. 需求开发

需求开发又分为可行性研究、需求导出和分析、编写规格说明书和需求验证，下面列出常规分析的步骤，当然实践中应该按照项目的大小和特点等情况自己确定合适的步骤。

(1) 可行性研究

可行性研究的目的是用最小的代价在尽可能短的时间内确定问题是否能够解决。可行性研究的实质是进行一次大大压缩简化了的系统分析和设计过程，也就是在较高层次上以较抽象的方式进行的系统分析和设计的过程。

在可行性研究之前，必须进一步澄清问题的定义，对于问题定义阶段确定的系统目标和规模，如果有偏差的地方要进行纠正。

对问题定义澄清之后，分析员要导出系统的逻辑模型，然后从逻辑模型出发寻找若干种可供选择的解法（系统实现方案），对每种方案都要研究它的可行性，一般方案的可行性主要有四个方面：

- 技术可行性：进行技术风险评价，从开发者的技术实力、工作基础、问题的复杂性等方面出发，判断系统开发在时间、费用等限定条件下成功的可能性。
- 经济可行性：进行成本效益分析，从经济角度判断系统开发是否合算。
- 法律可行性：确定系统开发可能导致的任何侵权行为及后果和责任。
- 操作可行性：系统的操作方式是否能被用户所接受。

可行性研究的根本任务是对以后的行动方针提出建议，如果不

可行, 分析员应建议停止项目, 以防止人、才、物的浪费。如果问题值得去做, 分析员应该推荐 1~2 个可行解, 并且为每一个可行解制定一个实施进度计划, 而且要确定需求开发过程如何组织需求的收集、分析、细化, 制定合适的步骤, 并将它编写成文档。

(2) 需求导出和分析

在初始的可行性研究之后, 接着进行需求导出和分析, 在这个活动中软件开发技术人员和客户及系统最终用户一起调查应用领域, 即系统应该提供什么服务, 系统应该具有什么样的性能以及硬件约束等。这一阶段可分为以下两步工作:

- 需求获取——通过与用户的交流, 对现有系统的观察及对任务进行分析, 从而开发、捕获和修订用户的需求。
- 需求建模——为最终用户所看到的系统建立一个概念模型, 作为对需求的抽象描述, 并尽可能多地捕获现实世界的语义。

需求导出和需求分析具体的工作有绘制关联图、创建开发原型、分析可行性、确定需求优先级、为需求建立模型、编写数据字典、应用质量功能调配等。

(3) 编写规格说明书

需求规格说明是生成需求模型构件的精确的形式化的描述, 作为用户和开发者之间的一个协约。在分析过程形成的文档中, 项目视图和范围文档包含了业务需求, 而使用实例文档则包含用户需求, 必须编写从使用实例派生出的功能需求文档, 还要编写产品的非功能需求文档, 包括质量属性和外部接口需求。软件需求规格说明阐述一个软件系统必须提供的功能和性能以及它所要考虑的限制条件, 它不仅是系统测试和用户文档的基础, 也是所有子系统项目规划、设计和编码的基础。它应该尽可能完善地描述系统预期的外部行为 and 用户可视化行为。除了设计和实现上的限制, 软件需求规格说明不应该包括设计、构造、测试或工程管理的细节。

(4) 需求验证及评审

需求验证及评审是以需求规格说明为输入, 通过符号执行、模

拟或快速原型等途径，分析需求规格的正确性和可行性；审查需求文档、依据需求编写测试用例、编写用户手册、确定合格的标准。

2. 需求管理

需求管理的目的在于支持系统的需求演进，如需求变化和可跟踪性问题。需求开发的结果应该有项目视图和范围文档、使用实例文档、软件需求规格说明及相关分析模型。经评审批准，这些文档就定义了开发工作的需求基线。需求管理是一个额外的需求工程活动，这个活动管理需求工程活动的变更。

需求管理的内容包括：

- 确定需求变更控制过程。确定一个选择、分析和决策需求变更的过程。所有的需求变更都需遵循此过程。
- 建立变更控制委员会。组织一个由项目风险承担者组成的小组作为变更控制委员会，由他们来确定进行哪些需求变更，此变更是否在项目范围内，估价它们，并对此评估作出决策以确定选择哪些，放弃哪些，并设置实现的优先顺序，制定目标版本。
- 进行需求变更影响分析。应评估每项选择的需求变更，以确定它对项目计划安排和其他需求的影响。明确与变更相关的任务并评估完成这些任务需要的工作量。
- 跟踪所有受需求变更影响的工作产品。当进行某项需求变更时，参照需求跟踪能力矩阵找到相关的其他需求、设计模板、源代码和测试用例，这些相关部分可能需要修改。
- 建立需求基准版本和需求控制版本文档。每个版本的需求规格说明都必须是独立说明，以避免将底稿和基准或新旧版本相混淆。最好的办法是使用合适的配置管理工具在版本控制下为需求文档定位。
- 维护需求变更的历史记录，记录变更需求文档版本的日期以及所做的变更、原因，还包括由谁负责更新和更新的新版本

号等。版本控制工具能自动完成这些任务。版本控制是管理需求的一个必要方面。需求文档的每一个版本必须被统一确定,组内每个成员必须能够得到需求的当前版本,必须清楚地将变更写成文档,并及时通知到项目开发所涉及的人员。

- 跟踪每项需求的状态建立一个数据库,其中每一条记录保存一项功能需求,保存每项功能需求的重要属性,它包括状态(如已推荐的,已通过的,已实施的,或已验证的),这样在任何时候都能得到每个状态类的需求数量。
- 衡量需求稳定性记录需求的数量和每周或每月的变更(添加、修改、删除)数量。
- 使用需求管理工具。商业化的需求管理工具能帮助分析人员在数据库中存储不同类型的需求,为每类需求确定属性,可跟踪其状态,并在需求与其他软件开发工作产品间建立跟踪能力联系链。

7.3.6 系统模型

模型是指对系统的模型,是现实世界某些重要方面的表示。模型是一种抽象,从某个视点、在某种抽象层次上详细说明被建模的系统。有时使用术语“抽象”来表示模型,因为分析人员需要从现实世界中抽象出对他们特别有用的东西。

模型的作用:在建模过程中了解系统,通过抽象降低复杂性,有助于回忆所有的细节,有助于开发小组间的交流,有助于与用户的交流。

1. 两种分析模型

在软件工程的实践当中,人们提出了许多需求建模方法,其中占主导地位的有结构化分析和面向对象分析两种。在分析建立模型时,都采用了图形和自然语言相结合的方法,使用了图形描述工具。

现将两种模型介绍如下。

结构化分析模型和面向对象分析模型是分析建模中最常用的两种模型。**Pressman** 将这两种分析模型的组成结构用简明的图形做了介绍,如图 7.2 和图 7.3 所示。

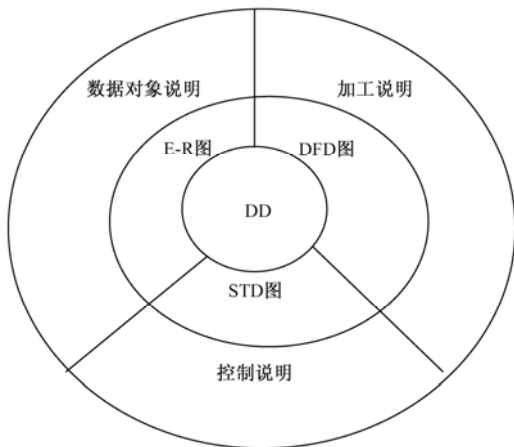


图 7.2 结构化分析模型

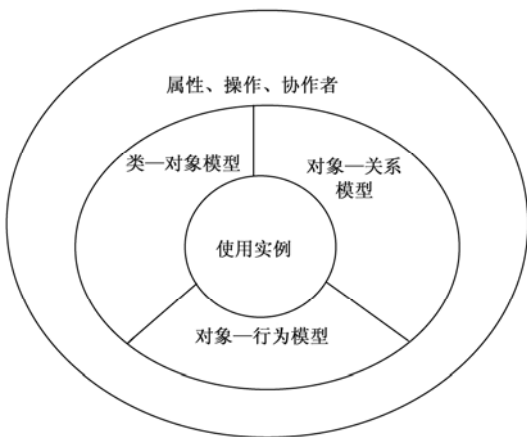


图 7.3 面向对象分析模型

(1) 结构化分析模型

结构化分析模型的组成结构如图 7.2 所示。由图可见,模型的核心是 DD (Data Dictionary, 数据字典),它是系统所涉及的各种数据对象的总和。从 DD 出发可构建 3 种图: E-R (Entity-Relation Diagram, 实体关系图)用于描述数据对象间的关系,它代表软件的数据模型,在 E-R 图中出现的每个数据对象的属性都可用数据对象说明来描述; DFD (Data Flow Diagram, 数据流图),其主要作用是指明系统中数据是如何流动和变换的,以及描述使数据流进行变换的功能,在 DFD 图中出现的每个功能的描述写在加工说明 (PSPEC) 中,它们一起构成了软件的功能模型; STD (Status Transfer Diagram, 状态转换图),用于指明系统在外部事件的作用下将会如何动作,表明了系统的各种状态及各种状态间的变迁,从而构成行为模型的基础,关于软件控制方面的附加信息则包含在控制说明 (CSPEC) 中。

(2) 面向对象分析模型

OOA (Object-Oriented Analysis, 面向对象分析)是采用面向对象的思想进行软件需求分析建模的过程。图 7.3 是面向对象分析模型的组成结构。处于 OOA 模型核心的是“使用实例”(Use Case),简称“用例”。当通过需求分析联合小组获得软件的需求后,软件分析员可据此创建一组“场景”(Scenario),每个场景包含了一个使用实例。从这些使用实例出发,进一步抽取和定义 OOA 模型的三种模型;类—对象模型,描述系统所涉及的全部类—对象,每一个类—对象都通过属性、操作和协作者来进行进一步描述;对象—关系模型,描述对象之间的静态关系,同时定义了系统中所有重要的消息路径,它也可以具体化到对象的属性、操作和协作者;对象—行为模型,描述系统的动态行为,即对象在特定状态下如何反映外界的事件。三种模型分别起到描述数据模型、功能模型与行为模型的作用。

2. 结构化建模技术

结构化分析方法最初由 Douglas Ross 提出，由 DeMarco 推广，由 Ward 和 Mellor 以及后来的 Hatley 和 Pirbhai 扩充，形成了当今的结构化分析方法的框架。结构化分析方法是一种建模技术，它建立的分析模型的核心是数据字典（DD），它描述了所有在目标系统中使用和组成的数据对象。如前所述，围绕着这个核心有三种图：

- 实体—关系图（ERD），描述数据对象之间的关系。
- 数据流图（DFD），描述数据在系统中如何被传送或变换，并描述对数据流进行变换的功能。
- 状态转换图（STD），描述系统对外部事件如何响应，如何动作。

因此，ERD 用于数据建模，DFD 用于功能建模，STD 用于行为建模。

结构化建模的基本特点有：

- 结构化方法面向数据流分析方法之一，它采用图形描述方式来建立分析模型，把软件系统描绘成一个可见模型，为系统的审查和评价提供了有利的条件，也为软件开发人员和用户提供了交换信息的方法，为设计阶段提供了依据。
- 结构化方法的分析过程实际上是一个建模的活动，把系统自上向下逐层分解，逐步细化，从而获得一个分析模型。
- 结构化方法比较适用数据处理的领域。为了适合用于实时控制系统，可以在数据流图中加入控制流，这是结构化方法的一种扩充。
- 用数据流图不适合描绘人机界面。而且对大型软件项目，数据字典的规模相当庞大，人工管理非常困难，因此需要借助于软件开发工具。
- 用结构化方法建立的分析模型，只是提供人们阅读的书面文档，不能被机器阅读和运行。

3. 面向对象建模技术

在面向对象软件工程中,面向对象建模方法也是人们常用的方法之一,在对象技术建立、使用和发展的过程中,涌现出了各种各样的方法。例如,有著名的 Rumbaugh 方法、Coad 与 Yourdon 方法、Booch 方法 JACOBSON 方法和 Shlaer 方法等。每一种方法都有其进行产品或系统分析的过程,有一组可描述过程演进的图形标识,以及能使得软件工程师以一致的方式建立模型的符号体系。虽然这些方法的表示形式各有差异,但是,整体的 OOA 过程和基本特点是非常相似的。

OOA 的意图是定义所有的被求解的问题相关的类(及同类关联的关系和行为),为了达到这个目标,必须完成以下任务:

- 必须在客户和软件工程师之间沟通了解基本的用户需求;
- 必须标识类(定义属性和方法);
- 必须描述类层次;
- 表示对象与对象关系(对象连接);
- 必须建模表示对象行为。

上述任务递进地反复使用,直至完成建模。

不同的面向对象分析方法有着相似的步骤:

- 使用基本需求作为指南选择类和对象;
- 为对象标识属性和操作;
- 定义组织类的构造和层次;
- 建造对象—关系模型;
- 建造对象—行为模型。

其中对象建模技术(Object Modeling Technique, OMT)由 Rumbaugh 提出,也称为 Rumbaugh 方法,它是常用的方法和技术之一。

按照这种建模技术,分析模型主要由三个子模型构成,即对象模型、动态模型和功能模型。对象模型(Object Model)用于描述

系统内部对象静态结构；动态模型描述软件系统的控制结构；功能模型描述软件系统必须要完成的功能。

三种模型是必不可少的，它们从不同的角度模拟软件的目标系统，详细情况如下所述。

（1）对象模型

对象模型用于描述系统中的对象、属性和连接。它们的作用和目的是促进对客观世界的了解，为计算机设计和实现提供一个精确的基础和依据。对象模型的描述工具采用对象图。对象图是对象和类及它们相互之间关系的规范化图形描述。

类图和实例图：类图是对象类的描述，用矩形框表示，类名和属性及服务置入矩形框中，并用横线进行分隔。

对象是类的实例，一个实例图就是对象实例的描述，对象与类具有相同的表示方式，对象名和属性值写在框内，并用一条横线分隔，在分析过程中，实例图通常比较少用。

属性和服务：类（Class）是对象的蓝图，其中包含三个组成部分：第一个是类名，第二个是属性（attributes），第三个是该类提供的方法。

UML 描述属性的语法格式如下：

可见性 属性名：类型名=初值{性质串}。

服务也就是操作，UML 描述操作的语法格式如下：

可见性操作名（参数表）：返回值类型{性质串}。

类的结构：当类的性别和定义结束后，进一步的工作是对类进行划分，识别他们是一般和特殊结构，还是组合结构。

关联关系：连接和关联是建立在对象之间、类之间、对象与类之间的相互依赖、相互作用关系。

主题：对于复杂的应用，可能会识别出大量的对象，分析人员同时处理的对象过多不利于工作，因此引入主题机制，通过建立多个主题，可以处理规模比较大的复杂模型，降低系统的复杂性。

(2) 动态模型

要想对一个系统了解得比较清楚, 首先应考察它的静态结构, 即在某一时刻它的对象和这些对象之间相互关系的结构。然后考察在任何时刻对对象及其关系的改变。系统的这些涉及时序和改变的状况, 用动态模型来描述。动态模型表示瞬间的、行为化的系统的控制性质。它规定了对象模型中的对象的合法变化序列, 通常由对象状态转换图、事件轨迹图和事件流图等来描述。

(3) 功能模型

功能模型表示变化的系统的功能性质, 它指明了系统应该“做什么”。因此更直接地反映了用户对目标系统的需求。通常功能模型由一组数据流图组成。它反映了系统中数据之间的依赖关系及数据的处理能力。在面向对象方法学中, 数据流图远不如在结构分析和设计方法中那样重要。但是建立功能模型有助于软件开发人员更深入地理解问题, 改进和完善设计, 功能模型的作用非常重要。

7.3.7 软件需求与软件原型

1. 软件过程中的原型开发

考虑到一些新产品在最初的设想阶段, 预先定义完全、清晰、精细、一致的需求有相当的难度, 对于系统如何改变实际工作、如何与其他系统进行交互以及哪些用户操作应该自动化等问题, 很难预测。系统细致的需求分析会减少系统开发目标的不确定性。这需要做一些实验, 因此在软件工程的开发策略上还使用一种快速原型法。系统原型是软件系统的初始版本, 它可以展示一些概念, 给出设计选择、发现问题可能的解决方案。快速原型开发可以有效地控制开发成本, 可以使开发人员较早地在原型系统上验证自己的设计。

(1) 原型开发的一般过程

它的软件开发过程一般包括四个阶段：

- ① 提出基本需求，建立原型目标；
- ② 定义原型功能，建造快速原型；
- ③ 对模型进行检验，补充、细化需求；
- ④ 按照改进的需求对模型进行改进、扩充，并评估原型。

通过第 3、4 步骤的反复循环，最终形成完整、准确的需求，模型也就成了符合要求的目标系统。

(2) 原型开发的两种方法

一种是采用进化式的系统开发方法，就是在系统尚不完善的时候呈现给用户，边修改边完善，在完善过程中逐渐把需求弄明白。另一种方式是采用所谓的抛弃式的原型开发方法进行需求分析和有效性验证。评估一结束就抛弃原型，重建一个完善的系统。

① 进化式原型开发

进化式原型开发从一些主要的简单需求开始，在对原型的讨论过程中不断发现新的需求，添加新的功能、逐步完善原型、最终该原型就变成了一个完善的满足所有需求的系统。这种开发方法自始至终都不需要一个详细的系统描述，而且在多数情况下，也没有形式化的需求文档。进化式原型开发目前已经成为基于 Web 系统和电子商务系统的常用开发方法。

在软件开发中采用进化式原型开发方法有两个优势：一是可以加快系统交付的进度；二是用户的参与。用户在软件开发过程中的介入不仅使系统可以更好地理解需求，还有助于用户较早地使用和熟悉系统。

② 抛弃式原型开发

抛弃式原型方法的目标是帮助提炼和澄清系统描述。原型过程经过多次重复，用户对系统描述反复修改，经过评估和修改，最后把系统描述定型于系统需求文档中。一旦需求描述完成，原型就不再使用，而是被抛弃。

进化式原型开发和抛弃式原型开发有两点重要的区别：

进化式原型开发的目标是最终产生一个实用的系统，这就意味着原型开发必须从对用户需求把握最准的部分做起，最优先处理这部分工作。而对用户需求把握程度较差的部分和模糊的需求安排的稍后些，可以在用户有明确要求之后再处理。抛弃式原型开发的目标是验证和导出需求，此时应该从理解不够好的那部分需求开始实现，因为你的目标是要从中发现问题，对明确的需求就没必要去做原型。

③ 在系统的质量管理方面，抛弃式原型从定义上可以看出其具有较短的生命周期，从原型向正式系统的转换必须要快，不需要长期的维护，差的系统性能和可靠性是可以接受的。只要对理解需求有帮助。而进化式原型系统要最终成为实用的系统，就必须和其他软件的要求一样遵从企业标准，要求系统是可靠的，高效的和可维护的。

快速原型法往往会被认为是一种快速启动的方法，对需要快速进入市场的产品开发是一个有利的途径。但是，必须清醒地认识到，采用快速原型法，由于最初没有定义清楚任务目标范围，所以项目风险很大。需要强有力的项目管理与控制能力以及在项目进行过程中用户和开发者的相互理解和密切合作。如果不具备这种能力，就不要冒险采取这种方法。

2. 快速建立软件原型

需求分析阶段采用快速原型法，可以使用户通过实践获得关于未来的系统将如何为他们工作的更直接的概念，从而可以更准确地提出和确定他们的要求。

需求分析阶段采用快速原型法，一般可按照以下的步骤进行：

- 利用各种分析技术和方法，生成一个简化的需求规格说明。
- 对需求规格说明进行必要的检查和修改后，确定原型的软件结构、用户界面和数据结构等。

- 在现有的工具和环境帮助下，快速生成可运行的软件原型并进行测试、改进。
- 将原型提交给用户评估并征求用户的修改意见。
- 重复上述过程，直到原型得到用户的认可。

有三种快速原型开发技术比较实用，它们是：动态高级语言开发、数据库编程、组件和应用集成。

动态高级语言——动态的高级语言是一种包含运行时数据管理强大功能的编程语言。由于减少了存储分配和管理中的问题，极大地简化了程序的开发。这些语言中的功能一般都是用 Ada 或 C 语言中的基本结构来构造，这种高级语言有 Lisp（基于列表结构）、Prolog（基于逻辑）以及 Smalltalk（基于对象）。对许多商业应用而言，这些语言可以替代那些似乎不可缺少的编程语言如 C 语言、COBOL 和 Ada。Java 是一种主流的开发语言，它源于 C++ 语言，同时又具有许多 Smalltalk 语言的特征，如平台独立性和自动存储管理等。Java 表现出许多高级语言的特性，同时又具有传统的第三代语言所拥有的性能优化的能力。有非常多的可复用 Java 组件，它是一种非常适合于进化式原型设计的语言。

数据库设计——进化式开发已经成为中、小规模商用系统领域的标准技术。绝大多数商业应用处理的是对数据库数据的操作以及包括组织数据、格式化数据的输出。为支持这类应用的开发，所有和商用数据库管理系统现在都支持数据库程序设计，数据库程序设计使用的是专门的语言，这类语言内嵌有数据库知识和数据库的操作方法，这类语言的支持环境提供界面定义的工具、数据学工具以及报告生成工具，第四代语言（4GL）指的就是数据库程序设计语言和支撑环境。其应用主要是对数据库的更新和产生数据库的报告。输入和输出已经被标准化了。目前第四代语言正朝着满足交互式应用的方向发展，这种交互式应用依靠的是从数据库中抽取数据，并通过终端或工作站向用户表达这些信息，然后接受用户的输入完成数据库的更新。用户界面总是包括一系列标准的格式和表单。

组件和集成应用——如果系统中许多部分都可以重用而且不需要重新设计和实现,那么系统的开发时间将会缩短,若有许多可重用的组件以及组合这些组件的机制,原型的构造就会快得多。

7.3.8 软件需求说明书

1. 软件需求规格说明

软件需求规格说明主要描述目标系统的概貌、功能要求、性能要求、运行要求和将来可能提出的要求。在分析过程中得到的一整套分层数据流图及对应的完整的数据字典是它的一个重要组成部分,对系统主要算法的描述是它的另一个组成部分。此外应该包括用户需求和系统功能之间的参照关系和约束条件等。

(1) 需求规格说明书的编写格式

文档的书写是对需求分析结果的综合描述。它是最终软件配置中必不可少的组成成分。也是需求分析结果。文档的主要内容是软件需求规格说明(也称为软件需求描述,简称 SRS)。软件需求规格说明必须用统一格式的文档进行描述,完整、准确地表达目标系统应该实现的用户需求。一般使用的是国际标准(IEEE 标准 830—1998)中和中国国家推荐性标准(GB 9385)中描述的 SRS 模板。

(2) 需求规格说明书的特点

好的软件需求规格说明应该说具有唯一性、完整性、可验证性、一致性、可跟踪性、可修改性等特性。

唯一性:用户的每一个要求,系统功能仅有一种解释。自然语言的二义性可能导致对于系统功能、性能的不同理解。

完整性:系统包括全部重要的用户需求(功能、性能、设计约束、外部接口);规定每种输入数据的软件响应(正确输入的响应和不正确输入的响应);全部术语、图表完整,符合需求规范标准。

可验证性:是指 SRS 中每个功能、性能需求是可以验证的。

一致性:是指 SRS 中陈述的各项功能、性能要求是相容的,没

有互相发生矛盾或者冲突。

可修改性：**SRS** 的组织结构使得当需求发生必须变化时，对**SRS** 的修改能够保证完整一致、容易地完成。

可跟踪性：对于软件开发中的每个需求在**SRS** 中可以追溯出其来源。

（3）编写需求规格说明书的一般原则

对于任何一个需求来说有三种编写方式：客户自己描述、编写需求；以客户为主、开发人员和客户共同编写需求；开发人员代替客户编写需求。最好的做法是第二种。客户是最了解系统需要的。但是客户编写需求的技巧和方法欠缺，需要开发人员的指导，因此在编写需求的过程中要遵循如下的原则：

- 用户的观点；
- 重视全局，而不是细节；
- 评估的依据；
- 用户自己的统筹安排。

2. 软件需求评审

由分析人员所提供的软件需求规格说明往往初看起来是正确的。实现时却出现需求不清、不一致等问题；有时以需求说明为依据编写测试计划，也可能发现说明中有二义性。为了对需求分析阶段工作进行验证和完善，应该对软件功能的正确性、软件需求说明书的一致性、完整性和准确性以及其他需求给予评价。

需求评审具体所做的工作可以归纳为以下四方面：

（1）审查需求文档：对需求文档进行正式审查是保证软件质量的有效的方法。组织一个由不同代表（如分析人员，客户，设计人员，测试人员）组成的小组，对需求规格说明书及相关模型进行仔细的检查。另外在需求开发期间所做的非正式评审也是有益的。

（2）依据需求编写测试用例：根据用户需求所要求的产品特性写出黑盒功能测试用例。客户通过使用测试用例以确认是否达到了

期望的要求。还要从测试用例追溯回功能需求以确保所有需求没有被疏忽。并且确保所有测试结果与测试用例相一致。同时,要使用测试用例来验证需求模型的正确性,如对话框图和原型等。

(3) 编写用户手册:在需求开发早期即可起草一份用户手册,用它作为需求规格说明的参考并辅助需求分析。优秀的用户手册要用浅显易懂的语言描述出所有对用户可见的功能。而辅助需求如质量属性、性能需求及对用户不可见的功能则在需求规格说明书中予以说明。

(4) 确定合格的标准:确定合格的标准让用户描述什么样的产品才算满足他们的要求和适合他们使用。将合格的测试建立在使用情景描述或使用实例的基础之上。

一般评审应由专门指定的人员负责,并按规定程序严格进行。用户、开发部门的管理者、软件设计人员、软件实现人员、软件测试人员都应当参加评审工作。评审结束应有负责人的结论意见及签字。然后才可以转入设计阶段。

7.4 传统方法的软件设计

7.4.1 软件设计的基本概念

软件工程经过需求分析阶段后,就进入了设计阶段。两个阶段的工作各有侧重,相互补充。软件需求阶段已经了解了软件的各种需求,明确了软件应该“做什么”的概念,为设计工作打下基础和指明了方向;设计阶段侧重于解决需求问题应如何解决,反过来通过设计更加清楚地了解需求的内涵,并对不正确的需求加以改正。

软件的开发包括三大阶段:需求收集阶段、设计实现阶段和软件维护阶段。软件设计中作出的决策,使得软件设计成为开发阶段最重要的步骤。因为它将是软件开发中质量得以保证的关键步骤。设计提

供了软件的表示，使得软件的质量评价成为可能。同时，软件设计又是将用户要求准确地转化成为最终的软件产品的唯一途径。

对于任何工程项目，总是先要进行设计。因此，设计往往是开发活动的第一步。通常，人们把设计定义为“应用各种技术和原理，对设备、过程或系统作出足够详细的定义，使之能够在物理上得以实现”。

软件的设计与其他领域的工程设计一样，也需要有好的方法、好的分析策略等。把软件设计仅仅看作是程序设计或者编制程序，是很片面的。实际上，程序设计只是软件设计的实现，不能把它们混同起来。设计作为实现、测试和维护阶段的基础，在设计工程的软件开发中，保证后续工作可以顺利开展。

另外，从设计与需求之间的关系来说，需求分析阶段所形成的分析模型与设计过程中的元素有对应关系。

已建立的分析模型中的数据、功能和行为组成都要在设计阶段转换为设计结果，形成数据设计、体系结构设计、接口设计和过程。

设计的分类方法有两种，一种从管理角度来看，将设计分为概要设计和详细设计两个阶段；另一种是从技术上将设计分成体系结构设计、数据设计、接口设计、过程设计四方面的工作。

7.4.2 软件设计的原则

软件设计的一条最重要原则，就是模块独立性原则。把软件分成若干个模块，每个模块完成一个子功能，把这些模块集中起来组成一个整体，可以完成指定的功能，满足问题的要求。

1. 模块独立性原则

模块又称构件，在传统的方法中指用一个名字就可调用的一段程序。类似于高级语言中的过程、函数等。它一般具有如下三个基本属性。

功能：即指该模块实现什么功能，做什么事。

逻辑：即描述模块内部怎么做。

状况：即该模块使用时的环境和条件。

软件系统的层次结构正是模块化的具体体现，整个软件被划分成若干单独的模块。就可以把一个大而复杂的软件划分成易于理解的比较单纯的模块结构。

模块化体现了系统层次化体系结构的特点。

模块化方法带来了许多好处。一方面，模块化设计降低了系统的复杂性，使得系统容易修改；另一方面，推动了系统各个部分的并行开发，从而提高了软件的生产效率。

所谓模块的独立性，是指软件中每个模块只涉及软件要求的具体的子功能，而与软件系统中其他的模块接口是简单的。例如，若一个模块只具有单一的功能且与其他模块没有太多的联系，那么，我们则称此模块具有模块独立性。

基于上述考虑，把问题/子问题（功能/子功能）的分解与软件开发中的系统/子系统或者系统/模块对应起来，就能够把一个大而复杂的软件系统划分成易于理解的比较单纯的模块结构。所谓“比较单纯”，是指模块和其他模块之间的接口应尽可能独立。

一般采用两个准则度量模块独立性：模块间的耦合和模块的内聚。

2. 模块的耦合性原则

耦合是模块之间相对独立性（互相连接的紧密程度）的度量。它取决于各个模块之间接口的复杂性程度、调用模块的方式及那些信息通过接口。

一般模块之间可能的连接方式有七种，构成耦合性的七种类型，如图 7.4 所示。

（1）内容耦合

如果一个模块直接访问另一个模块的内部数据，或者一个模块不通过正常入口转到另一模块内部；或者两个模块有一部分程序代

码重叠,或者一个模块有多个入口,则两个模块之间就发生了内容耦合。在内容耦合的情形下,被访问模块的任何变更,或者用不同的编译器对它再编译,都会造成程序出错,这种耦合是模块独立性最弱的耦合。

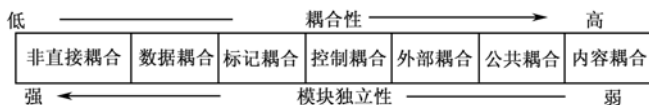


图 7.1 模块之间可能的连接方式（耦合性分类）

（2）公共耦合

若一组模块都访问同一个公共数据环境,则它们之间的耦合就称为公共耦合。公共的数据环境可以是全局数据结构、共享的通信区、内存的公共覆盖区等。

公共耦合的复杂程度随耦合模块的个数增加而显著增加。若只是两个模块之间有公共数据环境。则公共耦合有两种情况:松散的公共耦合和紧密的公共耦合。只有在模块之间共享的数据很多,且通过参数表传递不方便,才使用公共耦合。

（3）外部耦合

一组模块都访问同一全局简单变量而不是同一全局数据结构,而且不是通过参数表传递该全局变量的信息,则称之为外部耦合。外部耦合引起的问题类似于公共耦合,区别在于在外部耦合中不存在依赖于一个数据结构内部各项的物理安排。

（4）控制耦合

如果一个模块通过传送开关、标志、名字等控制信息,明显地控制选择另一模块的功能,就是控制耦合。这种耦合的实质是在单一接口上选择多功能模块中的某项功能。因此,对被控制模块的任何修改,都会影响控制模块。另外,控制耦合也意味着控制模块必须知道被控制模块内部的一些逻辑关系,这些都会降低模块的独立性。

(5) 标记耦合

如果一组模块通过参数表传递记录信息,就是标记耦合。事实上,这组模块共享了某一数据结构的子结构,而不是简单变量。这要求这些模块都必须清楚该记录的结构,并且结构要求对记录进行操作。

(6) 数据耦合

如果一个模块访问另一个模块时,彼此之间是通过数据参数(不是控制参数、公共数据结构或外部变量)来交换输入、输出信息的,则称这种耦合为数据耦合。数据耦合是松散的耦合,模块之间的独立性比较强。

(7) 非直接耦合

如果两个模块之间没有直接关系,他们之间的联系完全是通过主控制模块的控制和调用来实现的,这就是非直接耦合,这种耦合的模块独立性最强。

实际上,两个模块之间的耦合并不只是一种类型,而是多种类型的混合。这就要求设计人员进行分析、比较,逐步加以改进,以提高模块的独立性。

模块之间的连接越紧密,联系越多,耦合性就越高,而其模块独立性就越弱。一个模块内部各个元素之间的联系越紧密,则它的内聚性就越高,相对地,它与其他模块之间的耦合性就会减低,而模块独立性就越强。因此,模块独立性比较强的模块应是高内聚低耦合的模块。

3. 模块的聚合性原则

内聚是模块功能强度(一个模块内部各个元素彼此结合的紧密程度)的度量。一个内聚程度高的模块(在理想情况下)应当只做一件事。一般模块的内聚性分为七种类型,如图7.5所示。

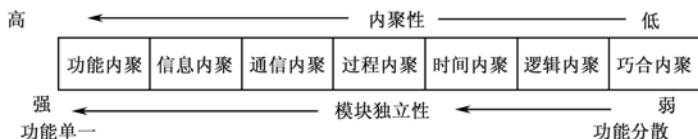


图 7.5 模块的内聚性类型

在上面的关系中可以看到，位于高端的几种内聚类型最好，位于中段的几种内聚类型是可以接受的，但位于低端的内聚类型很不好，一般不能使用。因此，人们总是希望一个模块的内聚类型向高的方向靠。模块的内聚在系统的模块化设计中是一个关键的因素。

（1）巧合内聚（偶然内聚）

当几个模块内凑巧有一些程序段代码相同，又没有明确表现出独立的功能时，把这些代码独立出来建立的模块即为巧合内聚模块。它是内聚程度最低的模块。缺点是模块的内容不易理解，不易修改和维护。

（2）逻辑内聚

由逻辑内聚组成的模块把几种相关的功能组合在一起，每次被调用时，由传送给模块的控制型参数来确定该模块应执行哪一种功能。逻辑内聚模块比巧合内聚模块的内聚程度要高。因为它表明了各部分之间在功能上的相互关系。

（3）时间内聚（经典内聚）

具有时间内聚特性的模块大多为多功能模块，但要求模块的各个功能必须在同一时间段内执行。例如初始化模块和终止模块。时间内聚模块比逻辑内聚模块的内聚程度又稍高一些。在一般情形下，各部分可以以任意的顺序执行，所以它的内部逻辑更简单。

（4）过程内聚

使用流程图作为工具设计程序的时候，常常通过流程图来确定模块划分。把流程图中的某一部分划出组成模块，就得到过程内聚

模块。这类模块的内聚程度比时间内聚模块的内聚程度更强一些。

(5) 通信内聚

如果一个模块内各种功能部分都使用了相同的输入数据,或产生了相同的输出数据,则称之为通信内聚模块。通常,通信内聚模块是通过数据流图来定义的。

(6) 信息内聚

信息内聚模块完成多个功能,各个功能都在同一数据结构上操作,每一项功能有一个唯一的入口点。由于模块的所有功能都是基于同一个数据结构(符号表),故而将其作为一个信息内聚的模块。

(7) 功能内聚

一个模块中各个部分都是为完成一项具体功能而协同工作,紧密联系,不可分割的,则称该模块为功能内聚模块。功能内聚模块是内聚性最强的模块。

4. 模块的规模原则

如果模块是相互独立的,当模块变得越小,每个模块花费的工作量越低;当模块数增加时,模块间的联系也随之增加,把这些模块联系起来的工作量也随之增加。因此,存在一个模块个数 M ,它使得总的开发成本达到最小。

5. 信息隐藏和局部化的原则

如何分解一个软件才能得到最佳的模块组合?为了明确怎样去做,需要了解什么是“信息隐蔽”。信息隐蔽是指,每个模块的实现细节对于其他模块来说是隐蔽的。就是说,模块中所包含的信息(包括数据和过程)不允许其他不需要这些信息的模块使用。

由于一个软件系统在整个软件生存期内要经过多次修改,所以在划分模块时要采取措施,使得大多数过程和数据对软件的其他部分是隐蔽的。这样在将来修改软件时偶然引入错误所造成的影响就可以局限在一个或几个模块内部,不致波及到软件的其他部分。

6. 抽象性原则

对软件进行模块设计的时候，可以有不同的抽象层次。在最高的抽象层次上，可以使用问题所处环境的语言描述问题的解法。而在较低的抽象层次上，则采用过程化的方法。

7. 控制层次适中原则

控制层次也叫做程序结构，它表明了程序构件（模块）的组织情况。控制层次往往用程序的层次（树形或网状）结构来表示。

7.4.3 软件概要设计

1. 概要设计过程

概要设计过程需要完成的工作有以下几方面。

(1) 制定规范

在进入软件开发阶段之初，软件开发组首先制定在设计时应该共同遵守的标准，以便协调组内各成员的工作。它包括：

- 阅读和理解软件需求说明书，在给定预算范围内和技术现状下，确认用户的要求能否实现。若能够实现，则须明确实现的条件，从而确定设计的目标，以及它们的优先顺序。
- 根据目标确定最合适的设计方法。
- 规定设计文档的编制标准，包括文档体系，用纸及样式，记述的详细程度，图形的画法等。
- 规定编码的信息形式（代码体系），与硬件、操作系统的接口规约，命名规则等。

(2) 软件系统结构的总体设计

- 采用某种设计方法，将一个复杂的系统按功能划分成模块的层次结构。
- 确定每个模块的功能，建立与已确定的软件需求的对应关系。

- 确定模块间的调用关系。
- 确定模块间的接口，即模块间传递的信息。此外还包括设计接口的信息结构。
- 评估模块划分的质量及导出模块的规则。

(3) 处理方式设计

- 确定为实现软件系统的功能需求所必需的算法，评估算法的性能。
- 确定为满足软件系统的性能需求所必须的算法和模块间的控制方式（性能设计）。
- 确定外部信号的接收发送形式（接口设计）。

(4) 数据结构设计

确定软件涉及的文件系统结构以及数据库的模式、子模式，进行数据完整性和安全性的设计。它包括：

- 确定输入/输出文件的详细数据结构。
- 结合算法设计，确定算法所必需的逻辑数据结构及其操作。
- 确定对逻辑数据结构所必须的那些操作的程序模块（软件包）。限制和确定各个数据设计决策的影响范围。
- 若需要与操作系统或调度程序接口所必须的控制表等数据时，确定其详细的数据结构和使用规则。
- 数据库设计。
- 数据的保护性设计。

(5) 可靠性设计

可靠性设计也叫做质量设计。在计算机使用的过程中，可靠性是很重要的。可靠性不高的软件会使得系统不能使用而造成严重损失。

2. 概要设计使用的工具

(1) 层次图 HIPO 图

层次图用于描绘软件的层次结构，可以采用自顶向下的方法对系统进行逐层分解得到。表现形式为：用矩形框代表模块，方框之

间的连线表示调用关系。

HIPO 图由层次结构图和 IPO 图两部分组成，前者描述了整个系统的设计结构以及各类模块之间的关系，后者描述了某个特定的模块内部的处理过程和输入/输出关系。

（2）层次模块结构图

层次模块结构图（或称结构图 structure chart）是 1974 年由 w.steven 等人从结构化的角度提出的一种工具。它的基本做法是将系统划分为若干子系统，子系统下再划分为若干个模块，大模块内再分小模块，而模块是指具备有输入输出、逻辑功能、运行程序和内部数据四种属性的一组程序。

层次模块结构图主要关心的是模块的外部属性，即上下级模块、同级模块之间的数据传递和调用关系，而不关心模块的内部。

层次图和结构图是描绘软件结构的常用工具。通常用层次图描述软件结构的文档，而结构图因为包含的信息太多可能会降低清晰度，不适合描述软件结构的文档。但是利用 IPO 图或数据字典的信息得到模块调用时传递的信息，从而由层次图导出结构图的过程，可以作为检查设计正确性和评价模块独立性的好方法。例如，可以对照检验模块之间传送的数据是否和模块的单一功能有关，有无多余的数据传送，如果发现结构图上模块间的联系存在问题，则应考虑软件设计有可能不合适，需要改进。

3. 软件设计方法

从系统的角度出发，软件设计方法可以分为三大类。

第一类是根据系统的数据流进行设计，称为面向数据流的设计或者过程驱动的设计，以结构设计方法（Structured Design, SD）为代表。

第二类是根据系统的数据结构进行设计，称为面向数据结构的设计或者数据驱动的设计，以 LCP（程序逻辑构造）方法、Jackson 系统开发方法和数据结构化系统开发（DSSD）方法为代表。

第三类设计方法即面向对象的设计。

前两类方法的核心思想都是以结构化形式实现，常被看作设计方法中的一个大类。与之对应，面向对象设计方法围绕“对象”这一概念体现出不同的设计风格，构成设计方法另一大类。

7.4.4 软件详细设计

1. 详细设计的任务

详细设计是把体系结构的结构元素转换成对软件构件的过程性描述。有人又把详细设计称为过程设计或者算法设计。

对于开发人员来讲，数据设计、体系结构设计、接口设计等设计结果最后都要翻译为可执行的软件。因此必须要在接近代码的抽象级别上细化设计结果，即进行过程设计。

详细设计的目标是将设计模型翻译成可运行的软件。可以用图形、表格或结构化语言等表示方式，给出软件各个模块的详细过程描述，程序员可根据这些过程描述编写程序。

详细设计确定每一个构件的内部特征，即模块内部的数据结构和算法细节。详细设计的结果基本上决定了最终程序代码的质量。它不仅仅是确保逻辑上正确实现每个模块的功能，更重要的是设计出来的处理层要简明易懂。因为程序将根据过程描述编写程序代码。

在详细设计过程中，需要完成的工作是：

(1) 确定软件各个组成部分内的算法以及各个部分的内部数据组织。

(2) 选定某种过程的表达形式来描述各种算法。

(3) 针对数据库的逻辑设计进行物理设计，设计数据库模式的一些物理细节，如数据项存储要求、存取方式、建立索引等。

(4) 进行详细设计的评审。

软件设计的最终目标是要取得最佳方案。所谓“最佳”，是指所有候选方案中，满足节省开发费用，降低资源消耗，缩短开发

时间的条件，选择能够赢得较高的生产效率、可靠性和可维护性的方案。

2. 详细设计使用的工具

详细设计常用的工具包括三种：

- 图形工具：把过程细节用图形加以表示，例如，流程图、盒图、问题分析图等。
- 表格工具：把过程细节用表格形式表示，例如，判定表等。
- 语言工具：把过程细节用语言形式表示，例如，伪代码等。

3. Jackson程序设计方法

Jackson 程序设计方法（JSP）本质就是“问题应当被分解为可以用三种结构形式表示的构件层次结构。”Jackson 所说的“结构形式”就是指顺序、选择和重复，实际上，它们就是过程性构造，并成为结构化程序设计方法基础。

7.4.5 软件设计规格说明书与设计评审

1. 软件概要设计说明书大纲

概要设计阶段完成时应编写以下文档：

- （1）概要设计说明书。给出系统目标、总体设计、数据设计、处理方式设计、运行设计、出错设计等。
- （2）数据库设计说明书。给出所使用数据库简介、数据模式设计、物理设计等。
- （3）用户手册。对需求分析阶段编写初步的用户手册进行审订。
- （4）修订测试计划。对测试的策略、方法和步骤提出明确的要求。

2. 软件详细设计说明书大纲

在详细设计完成后，应形成软件详细设计说明书。详细设计说

明书为下一阶段的程序编写准备具体的程序说明。详细设计说明书的主要内容包括:

(1) 软件系统的结构图。描述程序中包含的子程序、模块的名称和标识,以及它们之间的层次关系。

(2) 每个程序模块的详细说明。包括模块的功能、性能、输入项、算法、流程逻辑图(可用流程图描述)、接口信息、程序的存储交配情况、注释内容,以及为模块运行的限制条件和模块进行单元测试及集成测试所需的测试计划。

3. 设计评审

在整个设计的过程中,各个时期的设计结果需要经过一系列设计质量评审,以便及时发现和及时解决在软件设计中出现的问题,防止把问题遗留到开发的后期阶段,造成后患。

设计评审内容包括:

(1) 可追溯性。即分析该软件的系统结构、子系统结构,确认该软件设计是否覆盖了所有已确定的软件需求,软件每一成分是否可追溯到某一需求。

(2) 接口。即分析软件各个部分之间的联系,确认该软件的内部接口与外部接口是否已经明确定义。模块是否满足高内聚和低耦合的要求。模块作用范围是否在其控制范围之内。

(3) 风险。即确认软件设计在现有技术条件下和预算范围内是否能按时实现。

(4) 实用性。即确认该软件设计对于需求的解决方案是否实用。

(5) 技术清晰度。即确认该软件设计是否以一种易于翻译成代码的形式表达。

(6) 可维护性。从软件维护的角度出发,确认该软件设计是否考虑了方便未来的维护。

(7) 质量。即确认该软件设计是否表现出良好的质量特征。

(8) 各种选择方案。看是否考虑过其他方案,比较各种选择方

案的标准是什么。

(9) 限制。评估对该软件的限制是否现实，是否需求一致。

(10) 其他具体问题。对于文档、可测试性、设计过程等进行评估。

7.5 面向对象的软件开发方法及设计

7.5.1 面向对象的基本概念

面向对象的思想方法是很接近人类思维方式的，它使得在软件开发过程中，描述问题的问题空间与实现解法的解空间在结构上非常接近，因此便于在计算机系统中自然的表达和模拟客观事物。

(1) 对象

在面向对象方法中，使用最频繁、最基本的概念就是对象 (Object)，在客观世界中有意义的与所要解决问题有关系的任何事物都可以作为对象。对象是现实世界中的实体、实物、事物等。它可以是有形的、无形的，也可以是一种抽象思维。它们可以被分类、描述、组合、操作和创建等。

由于客观世界的实体通常都具静态的属性，又具有动态的行为，因此面向对象方法学中的对象是由描述该对象属性的数据以及可以对这些数据施加的所有操作封装在一起构成的统一体。对象包含两个基本的因素：属性和方法。

属性 (Attribute)：用于描述对象的静态特征，是反映类或对象当前状态本质的数据项（一组数据）。属性离开类（对象）是毫无意义的。例如：四川峨眉山，反映了该对象的名称和地点属性。

方法 (Method)：用于描述对象的动态特征，反映对象的一种行为，是对对象属性的操作、服务。

可以说对象是含有属性和为这些属性提供服务的构件，对象可

以有多项属性和多项服务。对象的属性一般只能通过执行该对象的操作来改变。

对象有如下一些基本特点：

- 以数据为主；
- 对象是封装的，对外界来说，对象好像是一只黑盒子；
- 对象是主动的，对象是进行数据处理的主体，为了完成某个操作，不能从外部直接加工它的私有数据，而是必须通过它的公用接口向对象发消息，请求它执行它的某个操作；
- 模块独立性好，对象是以数据为主，以对数据所需的处理来设置各种操作，数据与操作组成一个统一整体，对象内部各种元素彼此结合得紧密，内部关系密切，由于完成对象所需的基本功能都被封装在对象内部，它与外界的联系少，因此对象之间的关系比较松散。所以以对象基本模块设计软件，模块的独立性强；
- 对象有并行工作的特点。由于对象的封装性，不同的对象可以各自独立地处理自身的数据，彼此通过发消息传递信息完成通信，具有并行工作的属性。

（2）类（class）

宏观上，由于现实世界中任何一种事物都可以看作一个对象。然而，人类常常把这些对象进行综合、归纳、分类，排除非本质的特征，把具有共同性质的对象划分为一类，即抽象成对象类，简称类。例如，把汽车、拖拉机、摩托车等抽象成机动车类等。

类是一组具有相同数据结构和相同操作的对象的集合。类的定义应该包括一组数据属性和对这些数据的一组操作。

类与对象的关系是，类是对象的一个抽象，对象是类的一个实例。例如，机动车（类）是汽车、拖拉机、摩托车等的一个抽象，汽车是机动车类的一个实例，摩托车也是机动车类的一个实例等。

（3）方法与消息（Method and Message）

方法是面向对象的一般术语，对象被封装为数据成员（属性集

合) 和处理数据的算法称为方法, 是类中声明的服务、操作。

对象引用一个服务(方法)的过程称之为向该对象发送一个消息, 或者说一个对象接收到一个服务请求。

消息是对象之间交互的手段, 是要求某个对象执行类中定义的某个操作的规格说明。

消息的传递把面向对象系统连在一起, 消息提供了对单个对象及整个面向对象系统的全局性描述。

(4) 封装性 (Encapsulation)

封装性是面向对象技术的一个重要机制, 也是面向对象程序设计的一个原则。封装意味着把属性和服务捆绑在一起形成一个相对独立的基本构件(对象)。封装性来源于“信息隐蔽”思想。其意义是尽可能地隐蔽对象内部信息, 对象内部数据的访问, 只能由对象自身的服务请求来实现, 这样可以保证对象外部不能直接访问对象的属性。遵循封装性原则, 能使软件容易维护和重用性好。

(5) 继承性 (Inheritance)

在软件系统中, 可能存在有几十个或者上百个类, 甚至更多。它们之间的关系和组织结构可分成组合结构和分类结构。人们常把委托机制与组合结构相关联, 继承性机制和分类结构相关联。

(6) 多态性 (Polymorphism)

多态性是面向对象程序的一种机制。我们知道, 一个对象总是接收到一个服务请求后产生一系列的行为。简单的说, 多态性是指同一个消息发送到不同类的对象时产生不同的行为, 不同类的对象接收到同一消息导致不同的动作(响应)。

多态性可以分成编译时(静态)多态性和运行时(动态)多态性两种形式。一般地说, 静态多态性提供了执行速度快的优点, 因为系统在编译时就决定了动作(行为)的实现, 动态多态性提供了灵活和高层问题抽象的优点, 因为系统在运行时才决定动作(行为)的实现。

7.5.2 面向对象软件开发方法优点

面向对象的软件开发方法主要优点如下：

(1) 符合人类习惯的思维方法

传统的程序设计方法采用面向过程设计方法，以功能分解作为基本出发点和原则，把系统看成一组功能。面向对象方法是以人类习惯思维方式来建立问题空间模型的，把问题当作一组相互作用的实体，并确定实体间的关系，软件系统的构造过程接近人的思维，容易用计算机模拟客观世界。基于面向对象的软件系统会更容易被人们所理解。两种方法的对比如图 7.6 所示。

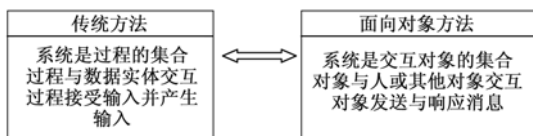


图 7.6 两种方法学的对比

(2) 稳定性好

传统方法的程序以算法为核心，数据和过程是相互独立的两个部分，算法的具体表现形式是函数。面向对象方法以对象为核心，强调了封装性。根据封装性原则，对象是行为和数据结合在一起的封装体，克服了函数和数据分离的弱点。由于信息隐蔽在对象内部，对象的数据由其本身的服务通过消息发送来访问，使程序更容易维护。同时，实体对象是相对稳定的，软件系统局部修改不会波及到全局或者波及的范围很小，即减少了软件维护时的副作用传播，使得软件系统的稳定性与可靠性更好。

(3) 可重用性好

因为对象既包含数据又包含在数据上进行操作的方法，对象可以被看作是自包含的黑箱子。这个特性使得用户可以在新的系统中

重用代码。消息为对象的数据和功能提供了一个预定义的接口。有了这个接口，对象可以在任何的上下文中使用。

对象技术导致重用，重用性也称为复用性或再用性，指同一事物不做修改或稍加修改就可以多次被重复使用。

软件或软件部件的重用一直是程序设计人员追求的目标之一。在软件开发过程中，使用重用技术可以减少重复性的工作，提高软件的生产能力和效率。重用代码是面向对象程序设计具有的主要优点之一。

(4) 可维护性好

面向对象编程方法使得代码更易于维护，验证错误的来源变得更简单，因为对象都是自包含的，对象内部的变动涉及不到外部。

(5) 可伸缩性

面向对象程序也是可以伸缩的。对象的接口在新软件重用对象的时候给出了路标，同样也提供了在不影响其他代码的前提下替换对象的全部消息。这样，那些过时的代码可以被新的更快的算法和更新的技术更新或代替。

7.5.3 面向对象建模

面向对象分析模型包括对象模型、动态模型和功能模型三种模型。其中对象模型描述软件系统的静态结构，动态模型描述软件系统的控制结构，功能模型描述软件系统必须完成的功能。

1. 面向对象的需求分析

软件需求分析的主要目的是，通过与用户广泛交流得出所要完成的目标系统必须具备哪些功能，应该为用户完成些什么工作。即确定“目标系统必须做什么？”需求分析相当于从用户到软件工程人员之间架设了一道桥梁，软件工程人员通过需求分析得到用户需求，成为软件编制所实现的目标。

需求分析的好坏直接关系到软件的成功与否，是软件生命周期中的关键一环。

用面向对象的方法进行需求分析，其根本要点在于，利用“对象”的概念模型建立一个针对于问题域的模型，用户和软件工程师通过该模型进行交流。通过在这样一个基于“对象”的问题或模型的基础上形成需求规格说明书。面向对象分析方法使得软件工程师能够通过对象、属性和操作（作为主要的建模成分）的表示来对问题建模。

在面向对象方法中，需求导出和分析目前常用的技术是用例分析方法。

用例的重要功能是通过画用例图来鉴别和划分系统功能。它把系统分成角色（actor）和用例（Usecase）。角色（actor）表示系统用户能扮演的角色。这些用户可能是人，可能是其他的计算机硬件或者是其他软件系统。用例描述了当角色给系统特定的刺激时系统的活动，即一个用例描述了系统和一个角色的交互顺序。用例被定义成系统执行的一系列动作，动作执行的结果能被指定角色察觉到。

用例的特点：

- 捕获某些用户的需求，实现一个具体的用户目标；
- 用例由角色激活，并提供确切的值给角色；
- 用例可大可小，但它必须是对一个具体的用户目标实现的完整描述。

用例是从用户的角度看待系统，而不是基于程序员的角度。这样的话，用例驱动的系统能够真正做到以用户为中心，用户的任何需求都能够在系统开发链中完整地体现。系统开发者总是通过情节来获取需求，是问用户希望系统为他做什么，在 Jacobson 发明了用例的概念之后，需求获取就变成问用户要利用系统做什么。

2. 统一建模语言——UML

在软件工程实践中，面向对象开发方法是被人们广泛认可并实

践的方法之一。为了正确地建立分析模型，需要定义一组图形符号以及规定相关的规则，同时设计方法学需要一套图形系统。每种语言都有一套自己的图形符号表示系统，可能造成无规范性。统一建模语言（Unitfy Modeing Language UML）的出现，则有效的缓解了这一问题。

7.5.4 面向对象分析过程

1. 面向对象分析的基本概念

面向对象的方法进行需求分析集中在以下几个概念上：对象和分类、对象之间的动态交互（剧情）。对象是问题域中的个体，如人、粉笔等；类是具有相同属性的对象的对象的集合；剧情是指为了完成一项功能（或任务）相关对象的一个有次序的消息传递过程。

面向对象分析的简要步骤：

（1）通过查看相关资料并与用户广泛地接触，自己对问题域有一个大致的了解。在这个基础上，将问题域中与系统和问题有关的对象提取出来，这就是标识对象的工作。

（2）将第一步中抽象出来的对象（类）之间的关系考虑清楚；如整体与部分、从属关系等。

（3）为“类”提取与系统问题域有关的属性、服务等。

（4）由于要完成一项任务，肯定是有不同的对象互相协作完成的。同时一个对象的属性、服务也是在与相关对象的协作中体现出来的。将问题域中所有任务对象的协作关系搞清楚，是面向对象需求分析的关键一环。即将问题域中的“剧情”搞清楚，是需求分析的主要工作之一。

以上四步并不是单独的而是互有联系的，可以同时进行。通过对以上四步工作的反复执行就可以建立一个基于对象问题域的模型。基于该模型，可以比较容易地产生一个符合用户需求的用户需求规格说明书，成为后续工作的基础。

面向对象建模得到的模型包含系统的三个要素，即静态结构（对象模型）、交互次序（动态模型）和数据变换（功能模型）。解决的问题不同，这三个子模型的重要程度也不同：几乎解决任何一个问题，都需要从客观世界实体及实体间相互关系抽象出极有价值的对象模型；当问题涉及交互作用和时序时，动态模型是重要的；解决运算量很大的问题，则涉及重要的功能模型。动态模型和功能模型中都包含了对象模型中的操作（即服务和方法）。

与传统的结构化分析对比，面向对象的分析发生了根本性质的变化，结构分析从数据的“输入-加工-输出”着眼，在分析中着重于功能的分解；而面向对象则是利用面向对象的概念和方法来构建软件需求模型，更加关注对象的内在性质，以及对象的关系行为。

2. 建立对象关系模型

关系存在于任意两个相关的类之间，可以通过检查对系统的范围或用例的陈述中的动词或动词短语而导出。

一般地说，建立对象-关系模型可以按以下步骤进行：

（1）复审需求描述和用例陈述，找出存在于已经标识或选定的类之间的关系网络，用线把它们连接起来，并命名类之间的连接线，用箭头指明关系的方向。

（2）对每一个命名关系，在连线的两端标上基数。

3. 建立对象行为模型

类对象模型所表示的是面向对象分析模型中的静态部分，而对象行为模型则用于描述系统的动态行为，即系统如何应对外部事件。建立一个对象行为模型一般要经过以下过程：评估所有的用例来理解系统中的交互系列；找出驱动交互序列的事件；为每个用例创建事件轨迹；为对象创建状态转换图。

7.5.5 面向对象的软件设计

1. 面向对象设计

在传统软件设计技术中，主要分为概要设计和详细设计两个阶段。采用面向对象技术，整个设计过程分为系统设计与对象设计两部分内容。系统设计确定实现系统的策略和目标的高层结构。对象设计确定空间内的类、关联、接口形式及实现服务的算法。

(1) 面向对象设计的任务

面向对象的设计方法有其自身特点和内容。传统软件设计中的主要任务在面向对象方法中依然可以看到些痕迹：数据和过程在面向对象软件设计中分别被类/对象的属性和操作所代替，接口被封装为对象间消息，体系结构的设计则表示为具有控制流程的对象间的协作。

面向对象设计过程主要由以下步骤：

① 系统设计。主要完成系统整体结构的设计，包括将子系统分配到处理器和任务中，选择实现数据管理、界面支持和任务管理的设计策略，为系统设计合适的控制机制。

② 对象设计。对 OOA 模型中的类对象模型具体化、详细化，包括用传统设计方法中过程设计的方法设计对象的每个操作，定义实现系统所需的内部类，为类属性设计内部数据结构等。

③ 消息设计。使用对象间的协作和对象-关系模型，设计消息模型。

④ 复审设计模型。设计过程是递进的，从需求和实现两个角度对设计模型进行复审，并伴随着附加的 OOA 活动。

(2) 面向对象的设计模型

在遇到比较复杂的应用系统时所采取的策略是将系统分解为若干个比较小的部分，然后再对每个部分实施设计工作。此做法不仅可以降低设计的难度，而且利于分工协作，更利于维护人员对系

统进行理解和维护。

系统被分成的各个组成部分被称为子系统，而每个子系统都承担自己的功能。在传统软件设计中，采用模块化技术将复杂的问题逐步分解，以求正确的解答，其分解后的子系统是模块。在面向对象设计模块中，系统功能的最小载体是类，而由类组成的相关功能的集合被称为组件。

与面向对象分析模型一样，面向对象设计模型从层次的角度看由主题、类与对象、结构、属性、服务五部分组成。而如果从逻辑功能上考虑，则大多数系统的面向对象设计模型都可以分四大部分。这四大部分对应于组成目标系统的四个子系统，依次为问题域子系统、人机交互子系统、任务管理子系统和数据管理子系统，如图 7.7 所示。

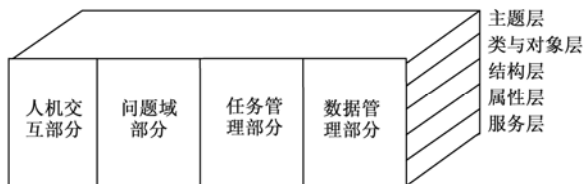


图 7.7 设计模型组成

面向对象设计模型的五个层次体现的逻辑关系各不相同：

① 服务层。服务指类中的操作，而服务层上考虑的关系指对象间的操作之间的调用关系。

② 属性层。属性是类保存数据的位置，而属性间的联系指类之间数据的交换。

③ 结构层。面向对象设计模型中的两种主要结构是：继承结构和聚合结构。

④ 类与对象层。这一层次体现类或对象被封装的方式，即类或对象向类的外界提供的功能。在这一层次存在着类或对象之间的关联。

⑤ 主题层。主题层描述的是分析模型中的需求，即由类组成的组件能够实现哪些功能，每个接口提供的功能代表一个主题。

2. 系统设计

在传统软件设计中，人们在概要设计阶段生成软件的体系结构，构建软件的整体模型。而在面向对象设计中，对应的也有系统设计，其作用类似于设计中的概要设计，用于开发软件的体系结构，构造软件的总体模型。系统设计在形成体系结构、组织系统内部概念表示的同时，还增加了一些类，用于完成系统与外界环境的交互。

系统设计阶段的输出结果是适应应用软件要求的类、类间关系及子系统的规格说明。

对于面向对象设计阶段所运用的方法，Rumbaugh 提出的 OMT（Object Model Technoligy）技术和 Coad 及 Yourdon 的 OOD 方法的应用较普遍，在此以两种技术为主要内容，介绍面向对象设计的实施过程。

（1）系统设计过程

根据 Rumbaugh 对 OMT 方法的定义，系统设计主要由以下步骤组成：

① 划分子系统。将整个系统按照执行功能的不同划分为若干个子系统，每个子系统承担一定的独立功能。

② 确定需要并发运行的子系统，并为它们分配处理器。对于面向对象方法的各子系统，如果需要并行执行，就需要有任务分配子系统协调其他子系统的执行，满足要求。

③ 描述子系统之间的通信。子系统间的耦合以相互通信的方式实现。

④ 确定系统资源的管理和控制。可以将系统的资源管理与控制看作是某一子系统的责任来统一管理和控制系统的资源，而对于系统资源的使用者则作为此子系统的消费者看待。

⑤ 确定人机交互构件，即用户界面。用户界面体现了系统与

用户的信息交换方式,应按照一定设计原则和使用习惯制定良好的用户界面,提高系统输入、输出的效率。

⑥ 选择实现数据管理和任务管理的基本策略。应优化对数据管理和任务管理的设计,使得系统可以高效地运行。

如果对上述步骤进行粗略划分,可以定义出四种主要的设计组件:领域组件、人机交互组件、任务管理组件和数据管理组件。

这四个主要设计组件的各自任务是:

- 领域组件作为系统的构建子系统,直接负责实现客户需求;
- 人机交互组件是实现用户界面的子系统;
- 任务管理组件负责控制和协调并发任务;
- 数据管理组件负责对象的存储和检索。

(2) 子系统设计

系统设计在于形成系统的体系结构,而子系统设计在于形成软件的构造蓝图。

在面向对象的系统设计中,通常用子系统来描述实现客户需求的组件,及实现客户需求所必需的支持环境。每个子系统可以看作一个高层次的模块。通过模块的外部接口与系统进行通信。因此,系统设计的第一步,就是从 OOA 的各个模型导出相应的子系统。确定子系统时应考虑以下问题:哪个子系统负责什么客户需求? OOA 中定义的对象分配到哪个子系统中? 哪些子系统必须并发运行,以及由什么系统构件协调和控制它们? 全局资源如何被子系统管理等。

在 OO 设计模型中,子系统来源于分析模型中的类、关系和行为的映射。作为系统的高层模块,子系统在设计时应遵守软件设计的基本策略,如模块化、功能独立、信息隐藏等。

当把一些类划入同一个子系统时,应该考虑以下的原则:这些类是否拥有共同特征? 它们是否具有相同的目的? 是否提供相似的服务类型? 类与类之间是否具有高耦合等。

(3) 用户界面设计

需求分析阶段的用例模型给出了用户和系统的交互情况，协调设计阶段据此考虑人机交互。一般在需求分析阶段确定人机交互的属性和外部服务；在设计阶段则给出有关人机交互的所有系统成分，包括用户如何操作系统（菜单）、系统如何响应命令、系统显示信息与报表的格式等。

人机交互部分的设计结果，将对用户情绪和工作效率产生重要影响。人机界面设计得好，则会使系统对用户产生吸引力，用户在使用系统过程中感到兴奋，能够激发用户的创造力，提高工作效率。

虽然如今已有很多可视化开发工具，能提供大量可复用的基础图形（如窗口、菜单、对话框）类库，来帮助设计用户界面，但要设计一个用户满意的人机交互界面仍不是一件很容易的事。

用户界面设计有若干原则，其中包括：

- ① 一致性好，采用一致的术语、一致的步骤和一致的活动。
- ② 操作步骤少，减少敲键和鼠标点击的次数，减少完成某件事所需的下拉菜单的距离。
- ③ 每当用户等待系统完成一个活动时，要给出一些反馈信息，说明工作正在进展，以及进展的程度。
- ④ 在操作出现错误时，恢复或部分恢复原来的状况。
- ⑤ 减少人脑的记忆负担，不应在一个窗口使用在另一个窗口中记忆或写下的信息，需要人按照特定次序记忆的东西应当组织得容易记忆。
- ⑥ 注意学习的时间和效果。提供联机的帮助信息。
- ⑦ 要有趣味性。在外观和感受上，尽量采取图形界面，符合人类习惯，有一定吸引力。

(4) 任务管理设计

任务，是进程的别称，是执行一系列活动的一段程序。当系统中有许多并发行为时，需要依照各个行为的协调和通信关系，划分各种任务，以简化并发行为的设计和编码。

在 OOD 中引进任务管理部件, 有两点原因: 一是在多用户、多任务或多线程操作系统上开发应用程序的需求; 二是通过任务描述目标软件系统中各子系统间的通信和协同时, 引入任务概念能简化某些应用的设计和编码。任务管理部件的设计一般遵循如下步骤。

① 识别由事件驱动和时间驱动的任务。

② 识别关键任务、任务优先级以及任务管理类。

③ 定义任务。说明任务的名称; 描述任务的功能; 优先级任务与其他任务的协同方式以及任务的通信方式。

④ 修改任务。必要时要在 OOD 中扩展有关任务的类及对象, 调整原有的语法成分, 以适应任务定义的要求。

(5) 数据管理设计

每一个应用系统都需要解决对象数据的存储和检索问题。OOD 中通常的做法是定义专门的数据管理构件来完成这些低层需求。数据管理构件的作用, 就是将目标软件系统中依赖开发平台的数据存取部分与其他功能分离, 使数据存取可通过一般的数据管理系统(如文件系统、关系数据库或面向对象数据库)实现。

无论基于哪种数据管理方法, 数据管理构件设计都应包括定义数据格式和定义相应操作两部分。

① 定义数据格式

定义数据格式的方法与所使用的数据存储管理模式密切相关, 下面以关系型数据库管理系统和面向对象数据库管理系统为存储管理模式介绍数据格式定义。

关系型数据库管理系统定义数据格式的工作应包括:

- 数据表格的形式列举每个类的所有属性;
- 将所有表格规范为第三范式;
- 为每个第三范式表格定义一个数据库表;
- 从存储和其他性能要求等方面评估, 修改原设计的第三范式。例如将多个属性组合减少空间耗费; 将父、子类合并, 减少文件数目等。

面向对象数据库管理系统中定义数据格式的方法分别为：

- 扩展的关系数据库途径。与关系型数据库管理系统相同的方法；
- 扩展的面向对象程序设计语言途径。

② 设计相应的操作

不同的数据存储管理模式，设计相应的操作方法也不同。在关系型数据库管理系统中应提供以下服务：

- 通知对象保存自己；
- 检索已存储的对象，以便其他子系统使用这些对象。

在面向对象数据库管理系统中要提供以下服务：

- 扩展的关系数据库途径。使用关系数据库管理系统相同的方法；
- 扩展的面向对象程序设计语言途径。无需增加操作，这种数据库管理系统已经给每个对象提供了“存储自己”的行为。

3. 对象设计

软件功能是通过作用在（各种复杂程序不一的）数据结构上的一系列加工处理实现的，这些加工处理的过程是由静态的算法或动态的操作命令确定。因此，任何一种设计方法必须提供以下机制：

- 数据结构的表示；
- 处理过程的说明；
- 处理过程的调用。

在 OOD 中，它们分别用对象、操作和消息实现，一个私有数据结构和作用在其上的一组处理过程被封装为一个对象；一个处理过程即为一个操作；操作通过消息引用，向某个对象发送一条消息，即请求该对象执行某个操作。

（1）对象描述

在 OOD 中，对象可用协议或实现两种方式描述。协议描述给出对象可接收的消息种类以及接收到消息后应执行的操作，即定义出对象与外界的界面；实现描述给出对象实现的细节，包括对象的私有数据及每个操作的过程控制信息。一般协议描述由一组消息和

注释组成。

对象的实现描述中包括以下信息：

- 对象名及所属对象类；
- 私有数据结构的每一数据项及其类型；
- 每个操作的过程性描述或指向这样一个过程性描述的指针。

对象描述说明对象能“做什么”，而对象实现描述指明，当对象接到请求后“怎么做”。

（2）算法设计

随着系统开发流程逐步接近实现阶段，对象模型中应该包括越来越详细的对类操作和属性的定义。OOD 中适用于传统软件工程所讨论的数据设计和过程设计方法略有不同的方法来设计算法和数据结构。数据结构应该和算法并行地设计。因为操作总是要操纵类的属性，一个好的数据结构设计将对相应操作的算法设计具有重要意义。

常用的方法是用面向对象伪代码描述系统中的每一个操作的算法；传送消息的语法表示为：接收者对象、方法、参数；数据结构表示为：数据项、数据结构。

（3）程序构件与接口

模块化是提高软件质量的一个重要方面，也是 OOD 基础特征之一。而程序构件化则是体现模块化的重要手段。在面向对象设计中，仅定义对象的属性和操作是不够的，还必须描述存在于对象间的接口和对象的整体结构。程序构件可以用于表示对象整体结构以及对对象和其他构件间的相互的连接。

4. 领域对象设计

（1）领域对象的设计内容

领域对象设计是领域分析的继续。一般来说，在此阶段需要完成以下工作。

调整需求：充分的领域分析有助于形成良好的设计对象。对于

不能够实现的类和方法应当重新分析整个问题域，并对需求进行适当的调整。

重用已有的组件：在分析得到的模型中，根据功能分类确定所需要组件。如果有现成的商业组件或遗留组件可以使用，就不需要重新开发。

引入父类，分组管理领域类：利用面向对象设计中继承的特点，首先创建具备一个抽象功能的父类。对于特定的领域应用，可以从父类派生出相应的子类。这样，不仅可以利用寻找实现某种功能的子类，更重要地可以分组管理领域类。

增添一般化类建立协议：在功能上具有一般性的类，可通过继承方式提取父类。在领域设计阶段，也可以先确定具备某些逻辑功能的父类，事后创建的子类具备此种逻辑功能。在 Java 语言中，用接口实现一般化类。

调整 OOA 模型：由于 OOA 到 OOD 是一个连续的过程，调整后的 OOA 模型最终要反映到领域对象的设计上。

设计复审：在领域对象设计完成后，通过设计复审检查设计结果。将设计结果反馈给用户或交给专家评审，查找存在的问题。如果有问题，则应开始从领域分析到领域设计的下一个迭代过程。

（2）领域对象的设计模板

软件设计中经常会遇到在某些方面跟以前构造过的系统相似的系统。如果能利用系统的共性，就不需要每个软件都从头开发。识别系统共性的一个流行的方法，就是寻找设计模板。一个设计模板能命名、抽象和标识通用设计结构的主要方面，有助于创建可复用的设计，设计模板描述相关的类和实例、它们的角色和协作以及责任分布。

在理想情况下，我们希望不用改动就可全部复用已有的设计。但实际上必须经常改变设计，来适应现有系统和从前系统的不同。因此，建造不与特定系统太紧密的设计模型是非常重要的。也就是说，我们希望最大化复用的潜力，来符合当前系统的需求。

设计一个新的面向对象的系统时,可以用两种方法来使用设计模板:继承和复合。继承指原有的设计模板成为新设计的一个子类的模板,设计模板中的属性和操作成为子类的一部分;复合是指通过选择一组设计模板并复合适当的对象或子系统组装成一个新的复杂对象。当两种选择并存时,复合应该优先于继承,因为过分使用继承会导致复杂的、不管理的类层次关系。

7.6 软件测试技术

7.6.1 软件测试的概念与原则

1. 测试的概念

(1) 软件测试

软件测试是在软件正式投入运行前,对软件的需求分析、设计规格说明和编码的最终复审,是质量保证工作最为关键的一个环节。程序测试是为了发现错误而执行的过程。软件测试是为了发现程序中的错误而执行程序的过程。

(2) 软件确认与程序确认

软件确认是广义上的软件测试,其目的是证明程序软件在给定的外部环境中的逻辑正确性的一系列活动和过程,指需求说明书的确认,程序的确认。程序确认又分成静态确认与动态确认。静态确认包括正确性证明、人工分析、静态分析。动态确认包括动态分析与动态测试。

(3) 各种软件错误比例和起因

各种软件错误出现比例大约如下:

- 功能错误,占整个软件错误 27%,是需求分析设计不完整而引起的;

- 系统错误, 占整个软件错误 16%, 是总体设计错误而引起的;
- 数据错误, 占整个软件错误 10%, 由编码错误引起的;
- 编码错误, 占整个软件错误 4%, 程序员编码错误引起的;
- 其他错误, 占整个软件错误 16%, 由文档错误和硬件错误引起的。

给软件带来错误的因素很多, 主要有以下几点:

(1) 交流不够、交流上有误解或者根本不进行交流

在应该做什么或不做什么的细节(应用的需求)不清晰的情况下进行开发。

(2) 软件复杂性

图形用户界面(GUI), 客户/服务器结构, 分布式应用, 数据通信, 超大型关系型数据库以及庞大的系统规模, 使得软件及系统的复杂性呈指数增长, 没有现代软件开发经验的人很难理解它。

(3) 程序设计错误

(4) 需求变化

需求变化的影响是多方面的, 客户可能不了解需求变化带来的影响, 也可能知道但又不得不那么做。需求变化的后果可能是造成系统的重新设计, 设计人员的日程重新安排, 已经完成的工作可能要重做或者完全抛弃, 对其他项目产生影响, 硬件需求可能要因此改变, 等等。

(5) 时间压力

软件项目的日程表很难做到准确, 很多时间需要预计和猜测。当最终期限迫近和关键时刻到来之际, 错误也就跟着来了。

(6) 对任务难度估计不足

软件人员对待任务经常会低估任务所需的工程量。但后期由于进度提前或时间不足的原因, 往往会引入某些错误。

(7) 代码文档贫乏

贫乏或者低效的文档使得代码维护和修改变得异常艰辛, 其结果是带来许多错误。

(8) 软件开发工具问题

可视化工具、类库、编译器、脚本工具等，它们常常会将自身的错误带到应用软件当中。

2. 测试过程

软件测试过程非常复杂。测试步骤如下：

- 获取需求、功能设计、详细设计规格和其他必需的文档；
- 获取预算和时间安排需求；
- 确定项目相关人员和他们的责任，汇报需求，必须的标准和过程（如版本过程、变更过程等）；
- 确认应用高风险的部分，设定优先级，确定测试的范围和限制；
- 确定测试的方法——单元测试、集成测试、功能测试、负荷测试、可用性测试等；
- 确定环境需求（软件/硬件/通信等）；
- 确定测试用具环境（记录/回放工具、覆盖率分析器、测试跟踪、问题跟踪等）；
- 确定测试输入需求；
- 确定任务，任务责任和相应的工作量；
- 设定时间安排估计、时间表、里程碑等；
- 确定输入的等价类、边界值分析、错误类；
- 准备测试计划文档和需要的评审；
- 写测试用例；
- 对测试用例进行必须的评审；
- 准备测试环境和测试用具，获取需要的用户手册/参考文档/配置指导/安装指导，建立跟踪过程，日志和存档过程，获取测试数据；
- 获取和安装软件版本；
- 执行测试；

- 评价和汇报测试结果；
- 跟踪问题和修改；
- 可能要进行再测试；
- 在整个生命周期内维护和修改测试计划、测试用例、测试环境和测试工具。

3. 软件测试的原则

软件测试原则包括以下几个方面：

(1) 测试工作必须有明确的目标。

(2) 应当“尽早并且不断地执行软件测试”。从测试的概念可以看出，所有的测试都能追溯到用户需求。而且错误发现地越早，改正错误所需的时间、费用也就越低，因此应尽早开展测试，对软件过程的各个阶段成果进行正规的评审。

(3) 测试用例应当由测试输入数据和与之对应的预期输出结果组成。

(4) 在设计测试用例时，应当包括合理的输入条件和不合理的输入条件。测试的目的不是证明程序没有问题，相反，应制定包含不合理的输入条件的测试用例，发现错误。

(5) 程序员应避免测试自己编写的程序。外人检查程序所持的态度更客观，因此也更容易发现问题。

(6) 充分注意到测试中的群集现象。一定要注意测试中的错误集中发生现象，这和程序员的编程水平及习惯有很大的关系。

(7) 严格执行测试计划，排除测试的随意性。

(8) 应当对每一个测试结果进行全面检查。

(9) 要妥善保存测试计划、测试用例、出错统计和最终分析报告，为以后的软件维护创建良好的条件。

(10) 测试用例的设计必须包括预期的输出结果。

(11) 不仅检查程序是否做了它该做的事，还要检查程序是否做了它不该做的事，即程序的运行不应有副作用。

(12) 避免不可重复的即兴测试, 保留全部测试用例。

(13) 不能为了测试擅自修改程序。

(14) 测试是一项非常复杂、有创造性和需要高度智慧的挑战性工作, 应派有经验、富有创造性的人员去承担测试任务。

(15) 应有独立的软件测试组织进行第三方测试。

(16) 不能简单地用测试结果评价个人能力, 或将测试结果与个人责任联系起来。

4. 软件测试目的

在军事综合信息系统中软件分系统是核心。软件系统质量的好坏往往决定系统成败的关键。为了保证软件系统的质量, 除其他因素外, 行之有效的方法就是对软件系统进行测试。由于软件测试的费用很大, 通常占整个软件开发成本的百分之五十左右。所以必须重视软件系统的测试工作。软件测试的主要目的就是: 通过测试, 发现软件错误; 验证软件是否满足软件设计和任务书所规定的技术要求; 为软件可靠性与安全性的评估提供依据。

7.6.2 软件测试目标

软件测试的目标是:

- 测试是为了发现程序中的错误而执行程序的过程;
- 好的测试方案是极可能发现迄今为止尚未发现的错误的测试方案;
- 成功的测试是发现了至今为止尚未发现的错误的测试;
- 对于软件测试的最根本要求, 就是以最少的时间和人力找出软件中潜在的各种错误和缺陷。要去除软件中的所有错误, 理论上可以实现, 但实际却根本达不到。

按照测试过程是否在实际应用环境中执行来分, 有静态测试与动态测试。

测试方法有分析方法（包括静态分析法与白盒法）与非分析方法（称黑盒法）。白盒法是通过分析程序内部的逻辑与执行路线来设计测试用例进行测试的方法，白盒法也称逻辑驱动方法。黑盒法是功能驱动方法，仅根据 I/O 数据条件来设计测试用例，而不管程序的内部结构与路径如何。

7.6.3 软件测试策略

测试过程将按四个步骤进行，即单元测试、组装（集成）测试、确认测试和系统测试，过程安排如图 7.8 所示。

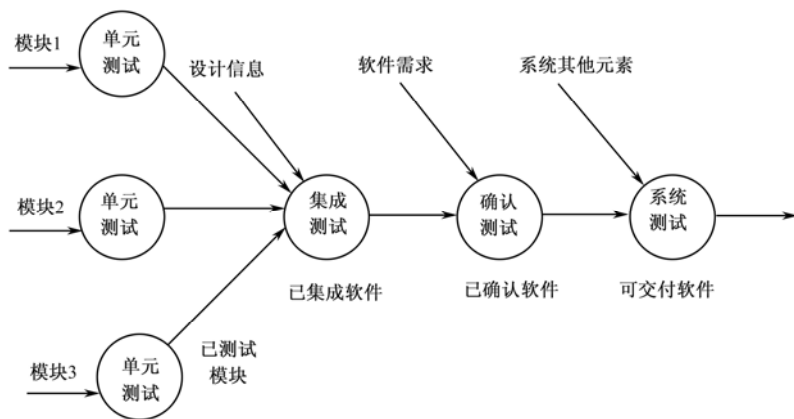


图 7.8 测试过程各步骤

1. 单元测试

单元测试又称模块测试，针对软件设计的最小单位——程序模块，进行正确性检验测试工作。单元测试是层次测试的第一步，也是整个测试的基础。多个模块可以平行地独立进行单元测试。

（1）单元测试的内容

在单元测试中进行的测试工作如图 7.9 所示，需要在五个方面

对被测模块进行检查测试。

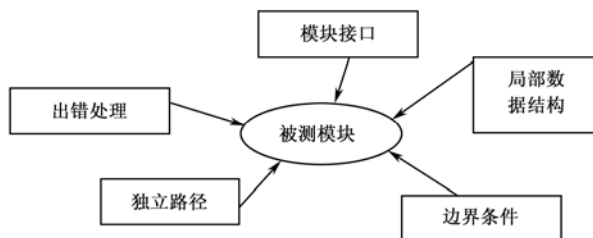


图 7.9 单元测试内容

(2) 单元测试的步骤及环境

通常单元测试在编码阶段进行，其步骤如图 7.10 所示。

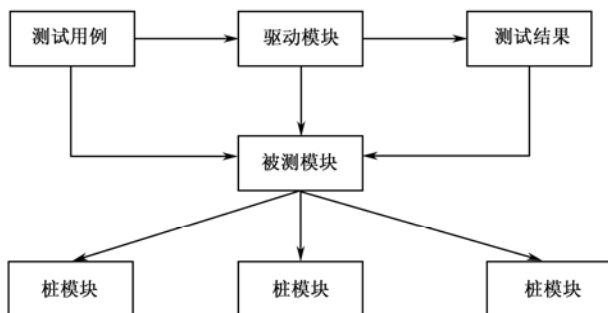


图 7.10 单元测试的步骤

2. 组装测试

组装测试，又称集成测试或综合测试，是指在单元测试的基础上，需要将所有模块按照设计要求组装成为系统。

(1) 组装测试内容

在组装过程中，需要试验以下内容：

- ① 在把各个模块连接起来时，穿越模块接口的数据是否会丢失；

- ② 一个模块的功能是否会对另一个模块的功能产生不利的影响;
- ③ 各个子功能组合起来, 能否达到预期要求的父功能;
- ④ 全局数据结构是否有问题;
- ⑤ 单个模块的误差累积起来, 是否会放大, 从而达到不能接受的程度;
- ⑥ 单个模块的错误是否会导致数据库错误。

(2) 组装测试的方法

组装测试可采用两种方式进行:

① 一次性组装方式——非增殖组装。

它是一种非增殖式集成方式, 也叫做整体拼装。使用这种方式, 首先对每个模块分别进行模块测试, 然后再把所有模块组装在一起进行测试, 最终得到要求的软件系统。

② 增殖式组装方式

增殖式组装方式又称渐增式集成方式。其方式是先对一个个模块进行模块测试, 然后将这些模块逐步组装成较大的系统, 在组装的过程中边连接边测试, 以发现连接过程中产生的问题。最后通过增殖逐步组装成为要求的软件系统。

3. 确认测试

确认测试又称有效性测试, 指验证软件功能和性能及其他特性是否与用户要求一致。软件确认测试过程如图 7.11 所示。

4. 系统测试

系统测试是将通过确认测试的软件, 作为整个基于计算机系统的一个元素, 与计算机硬件、外设、某些支持软件、数据和人员等其他系统元素结合在一起, 在实际运行(使用)环境下, 对计算机系统进行一系列的组装测试和确认测试。

系统测试的目的在于通过与系统的需求定义作比较, 发现软件与系统定义不符合或与之矛盾的地方。系统测试的测试用例应根据

需求分析规格说明来设计，并在实际使用环境下来运行。

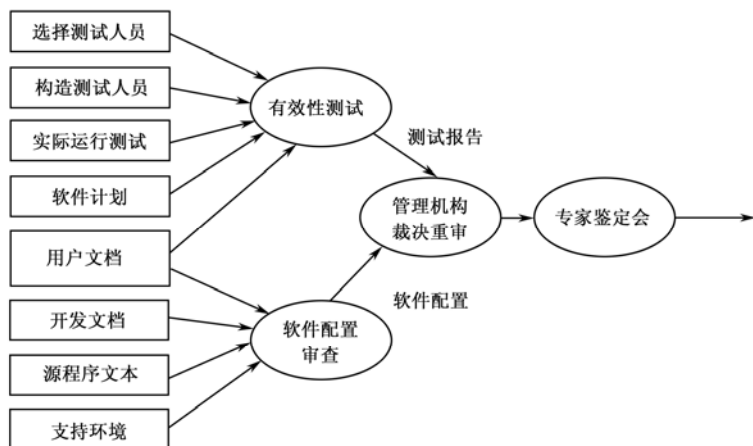


图 7.11 确认测试过程

7.6.4 面向对象的软件测试

传统的面向功能或面向数据过程的测试理论与方法并不完全适用于新兴的面向对象软件系统。面向对象软件开发模型显然提高了软件的可重用性

在面向对象系统中，系统的基本结构模块是封装了数据和方法的类和对象，而不再是一个个能完成特定功能的功能模块。每个对象有自己的生存周期，有自己的状态。消息是对象之间相互请求或协作的途径，是外界使用对象方法及获取对象状态的唯一方式。对象的功能是在消息的触发下，由对象所属类中定义的方法与相关对象的合作共同完成，且在不同状态下对消息的响应可能完全不同。工作过程中对象的状态可能改变，产生新的状态，对象的数据和方法是一个有机的整体，测试过程中不能仅仅检查输入数据产生的输出结果是否与预期的吻合，还要考虑对象的状态。模块测试的概念

已不适用于对象的测试。类测试将是整个测试过程的一个重要步骤，它与传统测试方法有区别。

在面向对象系统中，系统地功能体现在对象间的协作上，而不再是简单的过程调用关系。面向对象程序的执行实际上是执行一个由消息连接起来的方法序列，方法的实现与所属对象本身的状态有关，各方法之间可能有相互作用。为实现某一特定的功能，有可能要激活调用属于不同对象类的多个成员函数，形成成员函数的启用链。显然，基于功能分解的自顶向下或自底向上的集成测试策略并不适用于以面向对象方法构造的软件。

类的重要特征之一是信息隐蔽与封装。多态性和动态绑定是面向对象方法的关键特征之一。

面向对象软件测试的目的在于发现软件错误，验证软件功能与性能指标是否满足需求，其动态测试工作过程与传统的测试一样，分为以下几个阶段：制定测试计划、产生测试和评价。但在测试的具体内容上，因面向对象软件的特殊性而不能再套用传统的测试思想和方法。目前，面向对象软件测试的层次划分尚未达成共识。一般认为，面向对象程序和结构化软件一样，都要进行系统级测试。下面介绍一种较为普遍的层次划分方法。

从面向对象的结构出发，可以将面向对象软件的测试分为四个层次：方法测试、类测试、类簇测试、系统测试。

方法测试主要考察封装在类中的一个方法对数据进行操作，它与传统的单元测试相应，可以采用传统的单元测试方法：控制流测试、排错测试、分域测试等。但方法是与数据一起封装在类中的，并通过向所在对象发送消息来驱动，它的执行与对象状态相关，也有可能改变对象的状态。因此设计测试用例时要考虑设置对象的初始状态，使它收到消息时执行指定的路径。而且为观察隐秘的结果状态值，往往要添加一些对应的函数。另一方面，若方法内部引用了别的对象的方法，则要用测试桩模块来替代，由于方法与所在的对象状态相关，桩模块的设计选取难度较大。

类测试主要考察封装在一类中的方法和数据之间的相互作用。一对象有它自己的状态和依赖于状态的行为,对象操作与对象的状态有关,但也可能改变对象的状态。因此,类测试时要把对象与其状态结合起来,进行对象状态行为的测试。类测试在方法测试完成后进行。可分以下两部分:

(1) 基于状态的测试考察类的实例在其生命期各个状态下的情况。

(2) 基于响应状态的测试:从类和对象的责任出发,以外界向对象发送特定的消息序列来测试对象。

基于对象状态行为的类测试技术常见的有两种,第一种是基于规约的测试,即通过分析软件的需求和功能规约来选择和产生测试数据,重点测试一个作用与被测类的对象的消息序列是否将该对象置于“正确的状态”。基于规约的测试往往可根据规约自动或半自动地生成测试数据,但未必能提供足够的代码覆盖率。第二种是基于程序的测试,它通过对对象的分析来产生和选择测试数据。它根据被测试类的实例变量的假定值来安排各个状态,以状态为节点,状态之间的所有可能迁移关系为弧,共同构成一个对象状态图(OSD),由它来产生测试用例。

基于状态的类测试方法其优势是可以充分借鉴成熟的有限状态机理论,但执行起来还很难。状态空间很大,意味着不得不用自动化测试,而且测试覆盖率的计算不十分明确,这些都极大地影响了面向对象软件的质量。

类族是一组相互合作的类。类族测试主要考察一组协同操作的分类之间的相互作用,是系统集成测试的一个阶段。在单个类分别进行测试后,根据系统中类的层次关系图,将相互有影响的类作为一个整体,检查各相关类之间消息连接的合法性、子类的继承特性与父类的一致性、动态绑定执行的正确性、类族协同完成系统功能的正确性,等等。其测试用例可由多种方案结合生成。如根据类的继承关系图来纵向检查类,同时又根据对象方法的相互作用来横向检查类的关系。

系统测试是对所有类和主程序构成的整个系统进行整体测试,以验证软件系统的正确性和性能指标等满足需求规格说明书和任务书所指定的要求。它与传统的系统测试一样,包括功能测试、性能测试、余量测试等,可以套用传统的系统测试方法。

近年来,面向对象软件开发方法以其特有的魅力越来越得到人们的青睐,国内外在面向对象软件开发与设计方面以有一定的理论基础和实践经验,但在面向对象软件的测试上认识还很粗浅。国内在这方面还缺乏实质性的研究。面向对象软件测试尚有许多难题需要解决,今后应该在面向对象开发过程中不断寻求测试方法,在充分借鉴国外经验的基础上,从实践中形成一套可行的测试方法切实提高我国软件质量水平。

面向对象技术所独有的多态、继承、封装等新特点,使面向对象设计比传统语言程序设计产生错误的可能性增大,使得传统软件测试中的重点不再显得那么突出,也使原来测试经验和实践证明的次要方面成为主要问题。

面向对象技术是一种全新的软件开发技术,正逐渐代替曾广泛使用的面向过程的开发方法,被看作是解决软件危机的新兴技术。尽管面向对象技术的基本思想保证了软件应有的高质量,但实际情况却并非如此。无论采用哪种编程技术,任何编程人员都不敢保证不会出错。而且由于面向对象技术开发的软件代码重用率更高,更需要严格的测试,故而更有必要对面向对象软件进行更严格的测试,以防止错误在系统间传播。

1. 面向对象测试策略

(1) 面向对象的单元测试

面向对象编码完成之后,就进入了单元测试阶段。与传统的单元(模块)不同,面向对象是以类为单位的。每个类封装了属性(数据)和操作数据的方法(或服务)。一个类中可以包含若干不同的操作,而多个类之间可以有通用的方法。

传统软件方法中使用的单元测试能够测试一个操作（功能）。而在面向对象单元测试中，一个操作功能只能作为一个类的一部分，类中有多个操作（功能），就要进行多个操作的测试。

类的测试可以使用多种方法，如基于故障的测试、随机测试和分割测试等。每一种方法都要检查封装在类中的操作，即设计的测试序列（用例），要保证相关的操作能够被检查到。因为类的属性值表示类的状态，由此来确定被检查的错误是否存在。

（2）面向对象的组装测试

传统软件的层次模块间存在着控制关系，而面向对象软件没有层次控制结构。所以传统的自顶向下和自底向上的组装测试在面向对象软件组装测试中就没有意义了。

另外，一个类每次组装一个操作（传统软件的增量法）在面向软件组装中是不够的，因为组成类的各个成分之间存在着直接或间接的交互作用。面向对象软件的组装测试有两种不同的策略：

① 基于线程测试。基于线程的测试把共同对应一个输入或事件的类集合组装起来，也就是用响应系统的一个输入或一个事件的请求来组装类的集合。对每个线程都要分别进行组装和测试。

② 基于使用测试。基于使用的测试就是按层次来组装系统，可以先进行独立类的测试。在独立类测试之后，下一个类的层次叫做从属性类。从属性类用独立类进行测试。这种从属性类层的顺序测试直到整个系统被构造完成。传统软件使用驱动程序和连接程序作为转换操作，而面向对象软件一般不用。

面向对象系统组装时还必须进行类间合作（强调上下级关系）的测试。类的合作测试与单个类测试相似，可用随机应用和分割测试来完成。另外，还可以用基于脚本测试和行为模型导出的测试进行。

（3）面向对象的确认测试

确认测试是在系统层进行测试，因此必然需要了解类间的联系细节。与传统软件一样，面向对象软件确认测试也主要集中在用户可见活动和用户可识别的系统输出上，所以面向对象软件也使用传

统软件的黑盒测试方法。确认测试大多使用基于脚本的测试，因而良好的测试用例成为确认测试的主要驱动力量。

2. 面向对象软件测试用例设计

面向对象软件测试用例设计至今还没有统一成熟的方法，面向对象测试用例设计方法要遵循几个要点：

(1) 每个测试用例都要有一个唯一的标识，并与测试的一个或几个类相关联。

(2) 每个测试用例都要陈述测试的目的。

(3) 对每个测试用例都要有相应的测试步骤，包括被测对象的特定状态、所使用的消息和操作、可能产生的错误及测试需要的外部环境等。

3. 类间测试用例设计

从面向对象软件的集成测试开始，测试用例的设计就要考虑类间的协作。通常可从 OOA 的类—关系模型和类—行为模型中导出类间测试用例。

7.6.5 测试计划和测试分析报告

1. 测试计划

测试计划是描述软件测试努力的目标、范围、方法和焦点的文档。准备测试计划的过程是完整考虑软件产品可接受评价努力的一个有用的方法。完整的文档将有助于测试组之外的人理解为什么要进行软件正确性检测，并且如何进行检测。

测试计划应当足够完整但也不应当太详尽。

如制订测试计划时，就应该考虑好对系统测试工作量的估计、测试成本的估计、版本问题、市场定位的估计等，且必要时可根据

实际情况进行裁剪或补充。

2. 测试分析报告

测试工作结束后,要以书面形式撰写测试分析报告。

测试分析报告中主要内容包括:

(1) 测试用例执行描述

记录测试结果,将实际测试结果与计划结果进行比较,说明出现差异的原因。

(2) 对软件功能的结论

说明软件在实现某软件功能所应具备的能力,以及经过执行测试用例证明所具备的能力;同时应指明软件中存在的缺陷。

(3) 分析摘要

给出软件能力的综合评价和未能达到目标的原因;指出软件中存在的缺陷以及缺陷所造成的影响;给出软件改进的建议。

(4) 评价

从分析结果,得到软件是否达到预定目标的回答。

7.7 软件维护和软件重用技术

7.7.1 软件维护技术

软件进入使用期,新的需求会时常浮现,已有的需求也会随着软件运行业务的变更而发生改变。软件的一部分需要修改,以改正运行中发现的错误,同时其性能和其他非功能特征也需要改善。所有这些都意味着在系统交付之后,软件系统总是在不断改进以适应变换的需求。软件维护阶段是软件生存周期中的最后一个阶段,也是时间最长的阶段,更是协调问题较多、软件缺陷最难预料的一个阶段。

1. 软件维护的概念

软件维护是指软件成品提供使用后，为了修改差错、改善功能和性能、适应环境变化而进行的软件修正。具体地说，软件维护分为以下四类。

(1) 改正性维护

在软件交付使用后，因为开发时测试的不彻底、不完全，必然会有部分隐藏的错误遗留到运行阶段。这些隐藏下来的错误在某些特定的使用环境下就会暴露出来。为了识别和纠正软件错误、改正软件性能上的缺陷、排除实施中的错误使用，应当进行的诊断和改正错误的过程就叫做改正性维护。

(2) 适应性维护

在使用过程中，外部环境（新的硬、软件配置）、数据环境（数据库、数据格式、数据输入/输出方式、数据存储介质）可能发生变化。为使软件适应这种变化，而去修改软件的过程就叫做适应性维护。

(3) 完善性维护

在软件的使用过程中，用户往往会对软件提出新的功能与性能要求。为了满足这些要求，需要修改或再开发软件，以扩充软件功能、增强软件性能、改进加工效率、提高软件的可维护性。这种情况下进行的维护活动叫做完善性维护。

(4) 预防性维护

预防性维护是为了提高软件的可维护性、可靠性等，为以后进一步改进软件打下良好基础。预防性维护定义为：采用先进的软件工程方法对需要维护的软件或软件中的某一部分（重新）进行设计、编制和测试。

在整个软件维护阶段所花费的全部工作量中，完善性维护占了一半以上的工作量。软件维护活动所花费的工作占整个生存期工作量的 70% 以上，这是由于在漫长的软件运行过程中需要不断对软件进行修改，以改正新发现的错误、适应新的环境和用户新的要求，

这些修改需要花费很多精力和时间，而且有时会引入新的错误。

2. 维护任务的实施

维护任务的实施本质上是压缩了的软件定义和开发过程。为了有效地进行软件维护，应事先做好组织工作。

首先建立维护的机构，申明提出维护申请报告的过程及评价的过程，为每一个维护申请规定标准的处理步骤，建立维护活动的登记制度以及规定评价和评审的标准。

(1) 维护机构

除了较大的软件开发公司外，通常在软件维护工作方面，并不保持一个正式的组织机构，而是在开发部门确立一个非正式的维护机构。维护申请提交给维护管理员，再由维护管理员把申请交给某个系统监督员去评价。

(2) 软件维护申请报告

维护申请报告或称软件问题报告，由申请维护的用户填写。用户必须完整地说明产生错误的情况，包括输入数据、错误清单以及其他有关材料。如果申请的是适应性维护或完善性维护，用户必须提出一份修改说明书，列出所有希望的修改。维护申请报告将由维护管理员和系统监督员来研究处理。他们应相应地作出软件修改报告并指明：

- 所需修改变动的性质；
- 申请修改的优先级；
- 为满足某个维护申请报告，所需的工作量；
- 预计修改后的状况。

软件修改报告应提交修改负责人，经批准后才能进一步安排维护工作。尽管维护申请的类型不同，但都要进行下面同样的技术工作：

- 修改软件需求说明；
- 修改软件设计；
- 设计评审；

- 对源程序作必要的修改；
- 单元测试；
- 集成测试（回归测试）；
- 确认测试；
- 软件配置评审等。

在每次软件维护任务完成后进行情况评审，对以下问题进行总结：

- 在目前情况下，设计、编码、测试中的哪一方面可以改进？
- 哪些维护资源应该有，但没有？
- 工作中主要的或次要的障碍是什么？
- 从维护申请的类型来看是否应当有预防性维护？

（3）维护档案记录

记录包括：

- 程序名称；
- 源程序语句条数；
- 机器代码指令条数；
- 所用的程序设计语言；
- 程序的安装日期；
- 程序安装后的运行次数；
- 与程序安装后运行次数有关的处理故障次数；
- 程序改变的层次及名称；
- 修改程序增加的源程序语句条数；
- 修改程序减少的源程序语句条数；
- 每次修改所付出的“人时”数；
- 修改程序的日期；
- 软件维护人员的姓名；
- 维护申请报告的名称、维护类型；
- 维护开始时间和维护结束时间；
- 花费在维护上的累计“人时”数；
- 维护工作的净收益等。

(4) 维护评价

评价维护活动比较困难,因为缺乏可靠的数据。如果维护的档案记录做得比较好,可以得出一些维护“性能”方面的度量值,比如:

- 每次程序运行时的平均出错次数;
- 花费在每类维护上的总“人时”数;
- 每个程序、每种语言、每种维护类型的程序平均修改次数;
- 因为维护,增加或删除每个源程序语句所花费的平均“人时”数;
- 用于每种语言的平均“人时”数;
- 维护申请报告的平均处理时间;
- 各类维护申请的百分比;

据此可对开发技术、语言选择、维护工作计划、资源分配以及其他许多方面作出判断。

3. 软件维护性与软件质量

软件维护性借签了许多硬件维修的概念。但是,硬件和软件在内部结构、故障机理和唯一性等方面存在着重大差异,不加区别地套用硬件的概念是不恰当的。

软件的维护性是一种与软件维护有关的属性,国标 GB/T11457—89 对软件的维护性作了以下定义:

- 软件进行维护的难易程度;
- 按照预定的需要对某一功能部件进行维护的难易程度;
- 在规定的使用条件下,在给定时间间隔内一个软件保持在某一指定状态或者恢复到某一指定状态的能力。

软件维护性是软件的内在固有属性,它是软件质量的重要组成部分。软件质量是软件产品中能够满足给定需求的各种特性的总和,这些特性包括:功能度、可靠性、维护性、可重用性、易用性、安全性等。软件质量,对开发者来说就是优良的设计或代码,对使用者来说就是响应迅速、功能强大,对维护员来说就是易于升级、

修改,对管理者来说就是较低的开发成本以及合理的开发时间。在软件的质量特性中,维护性与可靠性、可重用性的关系尤为密切。

7.7.2 软件重用技术

软件重用是指重复使用软件资源的过程。软件资源有产品,也有过程,所以软件重用也可以分为产品重用和过程重用。对软件再工程来说,产品重用是最现实的主流途径,其内容包括需求规格、体系结构、设计规约、测试用例、源代码乃至可运行代码等。最大限度地重用遗留系统的各种资源是再工程的最重要特点之一。

在软件再工程的各个阶段,软件的可重用程度都将决定软件再工程的工作量:

(1)再分析。再分析阶段的主要任务是对遗留系统的规模、体系结构、外部功能、内部算法、复杂度等进行调查分析。

(2)再编码。根据再分析阶段做成的再工程设计书,再编码过程将在系统整体再分析基础上对代码做进一步分析。如果说再分析阶段产品是工程的基本设计书,那么再编码阶段如同一次工程一样,先要产生的是类似详细设计书的编码设计书。

(3)再测试。一般来说,再测试是再工程过程中工作量最大的一项工作。如果能够重用原有的测试用例及运行结果,将能大大降低再工程成本。对于重用的部分特别是可重用的(独立性较强的)局部系统,还可以免除测试,这也正是重用技术被再工程高度评价的关键原因之一。

软件重用不是个人行为,一个组织如何系统化地实现软件重用呢?必须软件重用制度化,其内容包括:

- 管理层支持;
- 软件开发过程改革;
- 克服非技术因素;
- 对可重用软件的奖励;

- 软件重用定量化标准的确立;
- 软件重用的自动化。

7.8 软件项目管理技术

7.8.1 概述

项目管理是一种广泛应用于各种工程、技术管理的过程。项目管理经常是决定一个产品或企业能否成功的最重要指标之一,项目管理已经得到越来越多的企业和政府部门的重视。

1. 项目的定义和特征

项目是一系列活动的集合,通过有机地组织在一起实现一个完整的目标。项目有如下特征:

- 项目要有一个明确的目标;
- 项目需要资源来完成目标;
- 项目有一定的预算;
- 项目有进度安排,有一个开始时间和必须完成目标的截止时间;
- 项目是一次性活动。

2. 项目管理

项目管理是指在项目活动中运用知识、技能、工具和技术,以便达到项目要求。项目管理过程通过应用下列过程得以完成。

(1) 启动阶段(Intiating),认可和批准一个新项目的开始,同时还要认可现有项目进入一个新的阶段。

(2) 计划阶段(Planning),编制计划,为实现项目将要适应或满足的人物需求提供依据。

(3) 执行阶段 (Executing), 有效地贯彻计划, 对人员和其他资源进行协调。

(4) 控制阶段 (Controlling), 监视项目进展以确保满足项目的目标。同时, 在项目出现偏差时采取措施使计划正常执行。

(5) 收尾阶段 (Closing), 这个阶段经常被忽略。收尾阶段使项目的验证更加正式。

7.8.2 软件项目计划

明确软件开发的具体目标和资源需求, 制订详细的项目开发计划, 规定各个阶段的测试计划和验收标准, 对项目实施时的变动要求进行控制和记录, 才能实现软件工作的科学管理, 争取大型软件项目的成功。总体规划可以做得全面、长远一些, 而规划的具体落实可分阶段来实现。对软件项目的有效管理在很大程度上取决于对软件目标的认真分析及在此基础上所制订的软件项目开发的全面计划。

1. 项目进度计划

项目的进度安排主要是考虑软件交付用户使用的这一段开发时间的安排。进度安排的准确程度可能比成本估计的准确程度更重要。软件产品可以靠重新定价或者靠大量的销售来弥补成本的增加, 但进度安排的落实会导致市场机会的丧失或者用户不满意, 而且也会导致成本的增加。在进行进度安排时要考虑的一个主要问题是任务的并行性问题。当参加项目的人数不止一人时, 软件开发工作就会出现并行情况。因为并行任务是同时发生的, 所以进度计划表必须决定任务之间的从属关系, 确定各个任务的先后次序和衔接, 确定各个任务完成的持续时间。另外还应注意关键路径的任务, 这样可以确定在进度安排中应保证的重点。常用的进度安排方法有两种, 即甘特图 (Gantt Chart) 法和工程网络法。

2. 人员管理

在软件项目资源中，人为第一资源。软件项目管理者最终决定着机构能确保从人力资源的投资中获取最大的回报。因此，有效管理的关键是人员的管理。项目管理者必须利用其团队中的每个成员，尽可能用最有效的方式，解决技术中或非技术中的问题，必须激励员工，规划并组织他们的一切工作，确保工作顺利完成。

软件项目人员组成分为管理者、分析员、设计者、程序员、测试人员及客户。

一个成功的项目都是由一位经验丰富、善于管理和激励团队成员的管理者——项目经理和积极参与项目决策、主动贡献力量并承担责任的项目组成员——各类角色构成。

项目组人员的组织结构有许多种，根据其中组织管理风格、项目组成员的数量及技术水平、要解决的问题性质等因素主要分为三种：主程序员式、民主分权式、层次式。

3. 软件开发成本估算

进度计划是从时间的角度对项目进行规划，而成本估算则是从费用的角度对项目进行规划。这里的费用应理解为一个抽象概念，它可以是工时、材料或人员等。

成本估算是完成项目所需费用的估计和计划，是项目计划中的一个重要组成部分。要实行成本控制，首先要进行成本估算。完成某项任务所需费用可根据历史标准估算。但由于项目和计划变化多端，把以前的活动与现实对比几乎是不可能的。在费时较长的大型项目中，还应考虑到今后几年的职工工资结构是否会发生变化、原材料费用的上涨如何、经营基础以及管理费用在整个项目寿命周期内会不会变化等问题。所以，成本估算显然是在一个无法以高度可靠性预计的环境下进行。在项目管理过程中，为了使时间、费用和工作范围内的资源得到最佳利用，人们开发出了不少成本估算方法，以尽

量得到与实际软件开发相近的成本，常用的估算方法有：基于代码的成本估算方法、任务分解成本估算和经验统计估算模型等。

软件开发成本估算主要是估算出软件开发过程中所花费的工作量、所需时间、项目总成本。其中总成本要从三个方面分析：包括维护在内的硬件和软件费用、差旅费和培训费、支付给软件开发人员的费用（即工作成本）。

估算软件成本的目的是要客观地、精确地预测软件承包商的开发成本，提供控制软件项目的方法，按照预算监控项目的过程。

7.8.3 软件项目管理

1. 项目管理的总体目标和原则

项目管理的理念，集中体现为项目管理所要达到的目标，以及为了实现这些目标而采取的一系列原则。目标和原则是项目管理体系的基石，由企业的决策层来制定，其依据主要是企业的经营战略，以及市场环境因素。前者决定了项目管理目标和原则中的“静态”部分，而后者决定了“动态”部分。市场环境是频繁变动的，项目管理的目标和原则应该保留对这种变动的适应能力，才能真正符合市场竞争环境。

（1）项目管理（软件服务行业）的目标涵盖如下内容：

- 如期完成项目；
- 保证项目质量；
- 用户需求得到确认和实现；
- 妥善处理用户的需求变动；
- 项目成本控制在计划之内；
- 保持对项目进度的跟踪与控制；
- 顺利实施系统配置管理；
- 保证对第三方产品或服务的控制和协作。

（2）为实现上述目标，企业所采取的原则包括以下几方面：

- 简洁、实用管理的原则；

- 成本效益匹配原则；
- 充分交流与合作的原则；
- 技术先进原则；
- 扩展性原则。

2. 企业项目管理体系结构

企业项目管理体系，从结构层次上可依次分为：

- 项目管理的总体目标和原则；
- 项目管理中的重点关注领域；
- 项目管理的具体流程和方法；

从建立企业项目管理体系的角色分工来看，前两项由企业决策负责，主要依据是企业的经营战略以及市场环境因素。最后一项由项目管理人员，甚至是直接用户—专业服务人员来共同制定。主要依据是企业文化，以及组织结构、人员能力等实际情况。因此，项目管理体系的前两个层次，具有通用性特点，在不同企业中具有相似甚至是相同的层次；而第三个层次即项目管理的具体流程和方法，具有很大的灵活性，无论是制定主体（以管理层为主，还是以直接专业服务人员为主），还是最终结果，不同的企业背景会出现很大的差异。

企业在开始项目之前，应该先与客户沟通，确认以上项目管理的目标和原则，并对其具体含义达成共识，如果有必要，还可以根据客户的具体情况进行适当调整。项目管理的目标和原则，是处理项目进行过程中一些重大纠纷的依据，也是项目执行和控制的立足点。

7.8.4 软件质量管理

1. 概念

质量是依靠特定的或暗指的能力满足特定需要的产品或服务的全部概念和特征。质量的概念会随着时间响应和环境价值的改变而改变，价值会使人们弄清什么是好的、什么是不好的。因此，软

件的质量作为产品或服务需要的功能/特征,也必须定位于客户和组织间的内容。

软件生命周期是一个连续的、周而复始的过程。每一阶段都有特定的目的,各个阶段之间都存在着必然的因果关系,在软件开发过程当中,应该遵循软件工程的有关要求和规范,进行软件开发,特别是在软件开发的初期,如果差之毫厘,那么以后开发出来的软件一定会谬以千里。为了保证在开发过程中可以根据一些新的情况对软件的需求、设计进行合理的调整,所以在软件工程中一般都包含了变更控制。当执行变更控制时,一定要回溯到前面的各个有关联的阶段,保证所做的变更与前期各项工作保持整体一致性。值得一提的是,软件的质量管理,不能单纯地依赖于测试阶段的工作,而是要在整个软件生命周期中,从每一个环节上加强控制,这是保证软件质量的根本方法。

软件质量反映了以下三方面的问题:

(1) 软件需求是度量软件质量的基础,不符合需求的软件就不具备质量。

(2) 在各种标准中定义了一些开发准则,用来指导软件人员用工程化的方法来开发软件。如果不遵守这些开发准则,软件质量就得不到保证。

(3) 往往会有一些隐含的需求没有明确地提出来。如果软件只满足那些精确定义了的需求而没有满足那些隐含的需求,软件质量也不能保证。

软件质量管理由三个主要活动构成:质量保证、质量规划、质量控制。

2. 质量保证和质量标准

质量保证(QA)就是建立起机构质量规程和标准的整体框架,这是生产高质量软件的保证。QA过程包括对软件开发过程标准和软件产品标准的定义和选择。其中,过程标准定义了软件开发遵循

的过程, 包括对描述、设计和有效性验证过程的定义, 以及对在这些过程中产生的文档的描述; 产品标准用于被开发的软件产品, 包括文档标准, 文档编写标准, 编码标准。

软件工程项目标准的制定是一个极困难又耗时的过程。许多国家和国际组织, 都积极参加了标准的制定工作。这些制定出来的标准具有普遍性, 能够适用于许多领域内的项目。

软件工程标准根据制定的机构和标准适用的范围不同分为五个级别, 即由国际联合机构制定的国际标准、由政府或国家级的机构制定的适用于全国的国家标准、由行业机构学术团体或国防机构制定的适用于某个业务领域的行业标准、一些大型企业或公司制定的适用于本部门的企业(机构)标准及由某一科研生产项目组织制定的为该项任务使用的项目(课题)标准。

3. 质量规划

质量规划应开始于软件过程的早期阶段, 主要说明产品的质量要求, 规定产品质量的评定方法。质量规划的结构框架内容包括以下几部分:

- (1) 产品介绍。说明产品、产品的意向市场及对产品性质的预期。
- (2) 产品计划。包括产品确切的发布日期、产品负责以及产品。
- (3) 过程描述。产品的开发和管理中应该采用开发和售后服务质量过程。
- (4) 质量目标。产品的质量目标和规划包括签订和验证产品的关键质量属性。
- (5) 风险和风险管理。说明影响产品质量的主要风险和这些风险的应对措施。

在质量管理规划过程中应该考虑到各种潜在的软件质量属性(易传递性、可靠性、效率、人性化工程、易测试性、易理解性、可修改性), 要对任何一个系统的所有这些属性都重点关注是不可能的, 因此质量规划的一个关键任务是挑选出关键的质量属性, 然后对如何达到这些质量属性作出规划。

4. 质量控制

质量控制就是监督检查整个软件开发过程，以确保质量保证规程和标准被严格执行。软件质量过程要注意以下几点：

(1) 一开始就要保证不出错，至少应该努力使错误尽量不在代码时发生。

(2) 确保尽早发现错误并纠正，错误隐蔽得越久，修正错误花费的代价就越大。

(3) 消除引起错误的诱导因素，还没有找到错误的诱因就纠正错误是不恰当的。

质量评审和自动化的软件评估是质量控制的两种方式，其中质量评审是由一组人员对软件、文档编制和软件制作过程进行评审。

7.8.5 软件过程改进

过程改进的定义可以用一句话概括：对于效果良好的项目实践要推广应用，对于问题较多的项目实践要变更调整。这就需要对于过去项目的成功之处和不足地方进行如实的内审和仔细分析。过程改进最大的动机应该是通过改善软件开发和管理的方式来达到企业的某个业务目标。CMM 可以作为一个框架来引导过程改进活动，但是项目目标却不是简单的满足这个模型的要求。

7.9 系统的应用软件模块化技术

7.9.1 系统的模块化组合应用技术

1. 美军在指挥自动化系统中模块技术的应用

美军应用模块技术的效果是十分明显的。应用“模块组合”对解决 C³I 系统的一体化问题、对实现系统的标准化、对提高系统建设的费效比等都很有利。美陆军在研制战术指挥控制系统 (ATCCS)

时,为解决系统硬件与软件的标准化及接口等问题,根据空地一体化的理论和要求,将系统划分成几个大模块,在统一的标准下分别进行建设,从而解决了各分系统与整个系统之间的局部与整体关系问题,成为目前具有代表性的一体化战术 C³I 系统。兰德公司为美国空军做的调查报告中指出:“未来战争对 C³I 系统的准确性和灵活性要求更高, C³I 系统中软件将变得更加重要,在军费预算与兵力消减的情况下,为发挥现有 C³I 系统与武器装备的潜力和未来利用更加先进的电子技术及其软件创造有利条件,加紧对军用软件工程和标准模块的研究是必须的”。美军正在研制建设中的战场信息体系(BIA),更是美军运用模块技术的一个范例。尽管如此,随着环境的变化软件模块化还有不少问题需要解决。

2. 系统中软件模块化的定义与研究目标

软件模块化的定义是:软件被划分成独立命名和可独立访问的被称作模块的构件,它们集成到一起满足问题的要求。由此可知,从技术角度软件模块化包含了两方面的内容:一是软件模块化的设计;二是系统的集成。二者的结合才产生软件模块化的效益。

软件模块化的研究目标是:通过软件模块化的设计来降低系统设计的复杂性,使软件易于维护、易于扩展,从而大大提高软件制作的生产力,使大量工程应用人员从重复设计中解放出来。也可以说软件模块化的目标就是通用化。或者说软件模块化设计的目的在于研制出标准的、规范化的应用程序和相应的接口,供集成使用。

3. 系统中软件模块化基础和软件模块划分要求

软件模块化的基础就是构造类似于硬件系统中的单块集成电路的软件组件,每个模块都包含了类型、输入/输出接口、通信规约等诸因素。

系统软件模块划分必须实现标准化。标准化是软件模块化的前提,模块化是标准化的高级形式。各个不同层次、不同功能的模

块, 必须具有统一的标准, 以确保模块间互连互通, 运用标准的模块进行不同组合, 产生新的功能模块。在此基础上可把不同层次、不同种类的指挥自动化系统, 按照统一的规则 and 标准, 划分为若干共性“模块”和个性“模块”, 以减少系统建设的复杂性, 提高系统建设的标准化、通用化及相互替代性。

系统模块划分应具有层次性。模块按其功能、作用的不同, 应区分不同的层次。如功能上的单一功能模块与综合模块、简单模块与复杂模块之分; 性能上的高、低性能模块之分; 规模上的大、中、小模块之分等。

系统模块应能构成一个完整的体系。应按照指挥自动化系统的体系结构, 从上至下, 共同构成一个模块体系。在这个体系中若干小模块可组成大模块, 若干单一功能模块可组成综合功能模块, 由功能级模块可组成分系统级模块, 由分系统级模块可组成大系统级模块等。

4. 系统模块构建原则与运用“模块组合”措施

(1) 在系统中模块构建划分与运用时必须遵循的原则

- 功能优先的原则。模块的划分与建设应以完成指挥自动化系统的某些功能为首要原则。以此决定模块的基本构成。
- 叠加性原则。各种模块都应有组合与叠加的功能。以便根据实际需要组成功能与规模不同的分系统与系统。
- 整体性原则。一方面要在统一的系统框架下构建模块, 使各模块的功能能够相配合与衔接, 以保证完成指挥自动化系统的整体功能; 另一方面, 在建设中各模块应遵循统一的技术标准与要求, 以确保模块的集成。
- 模块功能独立性原则。独立性可以从耦合度 (coupling) 与内聚度 (cohesion) 两个方面来度量。耦合与内聚间有较强的联系, 模块内的高内聚往往意味着模块间的松耦合, 模块内的低内聚往往意味着模块间的紧耦合, 高内聚的系统意味

着设计已经比较接近要反映问题的本质结构。有效的功能独立性使模块具备良好的内聚和耦合“谱系”的必要条件。只有严格执行模块功能独立性原则,才可以使模块作为一个独立的单位易于被理解,限制模块的错误传播作用降到最低,才能使模块易于测试、易于维护、易于扩展。

(2) 运用“模块组合”的措施

- 要建立“模块组合”的相关机制。“模块组合”模式的运用,要有相应的机制做保证。要赋予各级指挥自动化主管部门在“模块组合”方面的责任、权利和义务。各级指挥自动化主管部门要协调有关单位指定的制度,制定统一的技术标准和完整的系统体系结构方案。
- 要加强模块的综合集成。在运用“模块组合”时,要尽可能将一些紧密相关的功能集成在一个模块中,不断加强单个模块的集成度,在满足用户需要的基础上,提高模块的综合功能。
- 要研究和发展“模块组合”的有关理论。深入研究“模块组合”的运用条件、使用方式、模块划分、基本结构等相关问题,在理论上加以论证。还要不断总结经验,进一步提高模块化建设的相关理论去指导实践。

7.9.2 应用软件模块化技术

1. 应用软件模块化、构件化

软件系统随着计算机的发展逐渐形成产业,原始的手工作坊式软件开发质量难以保证。形成的文档草率,程序只进行调试不进行测试,不注重制订标准和规范,因此产生了所谓软件危机。表现为成本急剧增加、进度难以保证、质量缺陷多、系统维护困难。必须实施软件工程化的做法。软件工程化除了规定软件的开发过程外,同时提倡软件开发规范化、模块化。一个优良的软件开发环境应该包括三方面的内容:采用统一的软件开发语言(特别是采用统一的

建模语言);采用经过证明的软件工程管理方法;采用适当的软件开发和管理工具。

首先,统一的建模语言是软件复用的基础,软件开发人员可以把复杂的软件系统模型化,并以此为基础完成各组件的开发;其次,大型软件的开发需要工程化的管理,源代码、版本、文档、测试等都必须进行严格的管理才能保证软件的质量;第三,目标的实现有赖于好用的工具,目前提供软件测试和管理的工具很多,许多软件测试、配置管理、软件生命周期管理等工具得到了大家的公认。

由于现代战争对军事工程质量及时间的要求大大提高,急需进行软件模块化、软件构件化的技术研究。所谓软件构件就是具有可重用特性的基本软件部件。以往,由于软件开发技术落后,软件重用性差,信息系统应用软件体系结构的研究远远落后于用户的需求,造成研制周期长而赶不上信息技术的更新换代,从而使经费投入巨大,进度缓慢,系统不能及时发挥效能。随着时间的推移和软件技术与软件工程化技术的发展,构件模型将成为电子信息系统开发研制的重要方法。一方面利用构件模型技术可以继承原有的科研成果,运用软件工程方法高效率地开发新的系统,使我们的软件开发站在更高的起点上;另一方面,为大型系统的互连互通互操作提供研制开发的基础起到关键的促进作用;再有就是构件模型的应用使得系统功能组合灵活、可动态组合而用于不同的应用系统中,使抗毁性增强、升级容易、开放性强、可扩展性强、维护方便,可以顾及到新老系统的平滑过渡与升级,从而保护了原有系统的人力与物力的投入。

2. 军事电子信息系统的应用软件模块化主要技术

研究系统应用软件的相关技术,充分综合利用在作战指挥领域的基础和技术成果,进行模块化设计与通用化、规范化开发,剥离开一个个可通用化的模块或构件,并进行集成。

研究开发新的应用领域对通用应用软件系统的需求模式和关键技术,要重点研发一些典型的、通用性强的、可重用的模块化应

用软件。对软件系统进行分级分类整理规范,面向不同级别和不同使用环境开发不同的应用软件程序包,使指挥控制一体化建设和各级各类指控系统的性能得到全面提高。

要研究系统应用软件模块化技术还要对系统的某些基础技术进行研究。如:系统中地图支持环境的综合运用与通信组织图的技术实现,系统中面向图形方式的信息组织研究,系统中分布式数据库技术研究等。

(1) 作战指挥应用软件框架体系结构研究

研究面向作战指挥需求,弄清其应用软件的主要组成部分和它们之间的相互联系及其各自在不同时期的作用,规范出基本的软件体系轮廓,去除通用的指控作业共性软件,对专用应用软件的通用化模块化进行开发。

(2) 系统软件模块化技术

建立软件模块库对模块进行入库组织管理。该类模块可以包括涉及通信指挥管理方面诸如人机界面、数据库管理、基本资料维护、某项信息显示,同时也可包括特殊应用规划、典型计算模型等,通过文件形式、数据库方式等对模块统一管理,便于对模块进行查询检索、功能增长、调用统计等工作,以达到充分发挥模块重用的目的。

(3) 系统软件模块化设计中模块分解、模块间界限与接口研究

研究模块构造划分的标准和划分的合理性。合理的模块分解应使模块功能相对独立、技术指标明确、模块间接口简洁、相关性低、易于研制和调试、便于参与系统的集成;研究软件模块间相互关系和相关性;研究模块间通用的公共接口,建立软件标准化模型,使得按这种模型设计的软件具有可移植性和兼容性及开放式的特点。

(4) 可有步骤地先对某些专用应用软件的通用化模块化进行重点研究开发再推广

比如在系统对“多种通信系统资源管理应用软件”、“短波通信组织应用软件”、“通信线电路调度应用软件”、“通信态势显示应用软件”等应用软件的通用化模块化进行重点研究开发,然后再推广。

(5) 系统中地图支持环境的综合运用

系统要建立一种综合信息管理模式,特别对于系统的管理,地图资源背景与地理信息基础的支持是非常重要的内容,它能够提供更多文字描述不能表达的东西。系统还需要研究建立完善的存储管理机制,将地图与地理信息系统作为提交的通用管理软件系统的一部分进行研制开发。

(6) 系统中面向图形方式的信息组织研究

以地图为背景进行信息管理,要求建立的数据库信息或存储的信息必须具有地理背景、经纬度信息,将业务数据信息存储在数据库中,并记录其位置信息,能对应相应的经纬度进行图上显示。以实现组织多种类信息方便快捷地分层显示。

(7) 系统中分布式数据库技术

系统应建立一模拟系统,建立分级分布式数据库系统,对战场态势进行实时捕获、信息处理及上报综合显示。以此来实现面向作战指挥对通信网络运行状况信息的需求,包括内容、分类、格式、显示形式等。

(8) “构件”技术的应用实现研究

目前,真正的“构件”技术在实际系统中的应用还不多。普通意义上的构件可从以下几个方面来理解:

- 构件应是抽象的系统特征单元,具有封装性和信息隐蔽,其功能由它的接口定义;
- 构件可以是原子的,也可以是复合的,因此它可以是函数,过程或对象类,也可以是更大规模的单元。一个子系统是包含其他构件的构件;
- 构件是可配置和共享的,这是基于构件开发的基石,且构件之间能相互提供服务。

面向通用化、构件化的软件开发,将使软件操作灵活性大大提高。要深入研究构件的实现技术,对软件进行分析,筛选某些功能进行构件化开发。构件隐藏了具体的实现,只用接口提供服务。构件化是模块化的高级表现形式,可实现更高层次的重用。

第 8 章 军事电子信息系统的基础支持和共性技术

8.1 电子信息系统的参考模型

8.1.1 OSE参考模型

世界性信息系统参考模型的研究工作，是在 1977 年至 1978 年间，由 ISO 从事开放系统互连（OSI）的研究开始的。

后来在开发国际标准轮廓 ISP 的同时，ISO 吸收了开放系统的最新技术，在其技术报告中（ISO / IEC PDTR10000—3）提出了开放系统环境（OSE）。为 OSE 提供功能标准的上下文。该上下文概述了 OSE 的目标和概念、定义了 ISP 所规定 OSE 轮廓的方法和格式，为 ISP 建议提供文稿特征和内容方面的指南。

OSE（开放系统环境）被定义为接口、服务、支持格式和用户方面的综合集，用于各种应用、数据或人员的互操作性及可移植性。OSE 由应用平台、应用程序接口（API）、应用软件、通信服务接口（CSI）、人 / 计算机接口（HCI）和信息服务接口（ISI）组成。OSE 的模型如图 8.1 所示。

在 OSE 中，各组成部分的定义如下：

- 应用软件（Application software）：为包含有程序、数据和文档的某一应用所规定的软件。
- 应用平台（Application platform）：包括硬件与软件的一组资源集合，它将支持在其上部运行的应用软件及各种服务。应

用平台在其接口上提供服务，并尽最大可能使平台的专用特性对应用软件透明。



图 8.1 通用 OSE 的参考模型

- 应用程序接口（API）：应用软件与应用平台之间的接口，并通过该接口，为应用软件进入、检索信息、调用资源提供服务。
- 通信服务接口（CSI）：外部环境的接口，通过它，在内部应用软件实体与应用平台外部实体之间提供相互作用的访问服务。
- 人机接口（HCI）：外部环境的接口，通过它，人员和应用平台之间发生物理相互作用。
- 信息服务接口（ISI）：外部环境的接口，通过它为外部提供持久存储服务。

在 OSE 中，把互操作性定义为两个或多个系统或应用间交换信息，并利用这种交换信息互操作的能力，把可移植性定义为能够使软件和数据从一个信息系统转移到另一系统的容易性。此外，在 OSE 的上下文中，接口指系统可以观察其行为的一种界面，一个或多个系统所支持的某一功能或功能集的 OSE 接口上，规定了系统的部分或全部行为。而应用上下文（AC），则指一组应用服务元素的集合。在一个应用联系上，二个通信的应用实体（AE）的实例将利用公用应用服务元素（CASE）和一个或多个特定应用服务元素（SASE）中的服务元素来完成它们的共同任务。

由上述可见, OSE 参考模型, 是 OSI 参考模型的发展。一方面它保留 OSI, 另一方面吸收了开放系统 X/open 可移植性指南版本 3 (XPG.3) 和可移植性操作系统界面的标准套 (posix), 从而建立了开放系统环境 (OSE)。它对美军信息系统技术参考模型的形成有重大的意义。其中 X/open 的第三版 (XPG.3), 详细说明了基于 posix 和其他有关标准的通用应用环境 (CAE), 得到各厂商的支持。它允许应用开发的厂商将他们的产品瞄准各式各样的系统, 使得第三方提供的应用可在 X/open CAE 相容机上运行。而 posix 则指 IEEE 开放系统技术委员会 (TCOS) 开发的可移植操作系统界面的标准套。TCOS 下设多个研究组, 各组的工作内容如下:

P1003.0: posix 开放系统环境指南

P1003.1: posix 系统服务接口与 C 语言连接

P1003.2: posix 壳与公用服务

P1003.2a: posix3.2 的增强

P1003.3: posix 通用测试方法

P1003.4: 应用服务 (实时)

P1003.5: posix 的 Ada 语言连接

P1003.6: posix 的安全扩充

P1003.7: 系统管理的扩充

P1003.8: 透明文件存取

P1003.9: FORTRAN 语言连接

P1003.10: 超级计算机应用环境轮廓

P1003.11: 联机事务处理 (OLTP) 应用环境轮廓

P1003.12: 对通信协议的独立接口

P1003.13: 实时应用环境轮廓

P1003.14: 多处理应用环境轮廓

P1003.15: 批排队扩充

P1003.16: C 语言连接

P1003.17: 目录服务与名空间

P1003.18: posix 平台轮廓

P1201.1: 高级（工具套）窗口

P1201.2: 窗口驱动能力指南

P1224: X.400 应用程序接口（API）

P1238/1238.1: 通用 OSI 与 FTAM 应用程序接口（API）

目前，上述有关 posix 标准已上升为国际标准。ISO9945—1 覆盖了 P1003, 1, 1a, 2, 4, 6, 8, 12 和 17 的内容，其他 posix 标准已收入 ISO9946 中。

另一个重要的方面，是 ARPANET 于 20 世纪 70 年代中期在完善网络控制协议（NCP）的开发中，产生了 TCP/IP 协议。这一工作于 1979 年基本完成，并于 1980 年全面推广。这一体系采用了 OSI 类似的分层体系结构。在 TCP / IP 中，每一层实现相对独立的功能，每一层处理通信问题的一部分，一般只对应一个协议，因而可将复杂的问题分解为若干容易实现的小问题，从而简化系统设计实现和标准化。同时，Sun microsystem 公司等将 TCP / IP 带入商业领域，使得它的发展十分迅速，成为支持厂商不同机型、不同网络互连通信事实上的工业标准，其发展的主要原因有：

- 技术和协议文本都是公开的；
- 支持多种媒体传送，如 Ethernet, TokenRing、光纤、无线等；
- UNIX 为各种类的计算机广泛接受，使得 UNIX 与 TCP/IP 得到共同的发展；
- 和 LAN 的结合紧，随同 LAN 的发展得到发展；
- 具有层次化协议对等通信的特点；
- 面向商业应用，不断推出新的应用。

进入 20 世纪 90 年代，Internet 的发展更加迅猛，已成为遍布五大洲的世界性网络。特别是光纤的铺设，波分复用（WDM）和密集波分复用（DWDM）的引用，已为信息产业的发展提供了空前的机遇，成为世界经济新的增长点，为人类社会带来巨大的社会效益和经济利益。

OSI 和 TCP/IP 两者在发展过程中相互借鉴。早在 20 世纪 90 年代初,美国互通委员会(FIRP)就建议新的联邦信息处理标准(FIPS),应从 OSI 和互联网协议族两者中提取,以满足国家信息基础设施(NII)的发展需求。尽管,因 OSI 体系过于庞大,开发昂贵,进展缓慢而失去市场竞争能力,但对 OSI 的研究,仍具有重要意义,包括:

- 信息技术理论基础和思想、方法库;
- 提供可供使用的应用和服务;
- 作为鉴别评价厂商体系的参考。

近几年来,针对 Internet 的发展,国际电信联盟(ITU)考虑到工业界之间的数字的汇聚现象,特别是电信工业、计算机/信息技术工业,以及娱乐/消费电子工业间的汇聚现象,提出了全球信息基础设施(GII)。其目标是使人们有能力在恰当时间、恰当地点、以可接受的花费和可接受的质量、安全地使用一组支持开放的多重应用和包含所有信息形式的信息服务。而且,支配着对网络和应用的访问,支配着无缝连接基础上的互操作,支配着通信网、信息处理设备、数据库和终端的互操作能力。GII 研究的问题包括:

- 集成与汇聚:提供一种发展途径,以便集成当前网络和技术进入整个基础设施,并为未来提供发展方向。
- 接纳现有和未来技术:支持现有和未来电信、信息技术,并容纳交互作用、广播、多媒体能力的服务和应用,还应结合基于有线与无线技术。
- 接纳各种应用:提供多重应用和不同平台的互操作能力,根据各事务应用领域互操作和互连互通要求,其典型的领域有:远程教学/电子图书馆,远程医疗,远程工作,电子商业,电子出版和游戏等。
- 网络化:接纳当前电信网络(PSTN、ISDN、移动、ATM、SDH 等),提供高可靠和规定服务质量(Qos)的话音、数据业务;在 IP 网络基础上,为用户连接不同网络基础设施

提供平台。IP 协议已发展向包括有规定 QoS 的话音、数据和视频的应用。

- 信息技术：包括 Web 用户接口与信息表示，压缩与检索等核心技术。未来信息技术将在陆地与空间为用户提供服务。网络管理系统和服务，将会把 Web 技术、分布处理技术、OSI 开放式分布处理（OSI/ODP）、分布计算环境（DCE）、JAVA、分布对象模型（DCOM）、Active-x、公用对象请求代理体系（CoRBA）结合在一起，形成共存的局面。其重大领域包括数据的采集和标识、数据管理、公共应用、信息交换、多媒体与表示、网络与互连、办公设备、编程语言与软件接口、安全、软件工程、用户接口、文件描述语言及字符集编码等。

上述各点，形成了 GII 总体设想。这些从不同角度对信息系统参考模型的研究工作，对理解美国 DoD 技术参考模型都有重要意义。

8.1.2 技术参考模型（TRM）

1. 技术参考模型的概念

对于信息系统来讲，互操作性和软件与数据的可移植性，始终是其努力的目标。为了实现各种应用软件、数据和人员的互操作和可移植性，就需要研究系统的各组成要素及研究这些要素之间关系和集成的规则，研究这些关系和集成随着时间的发展演变的规则。从而形成一种逻辑的集合，作为标准规范制定的基础。对信息系统来讲，这些要素包括接口（界面）、服务、实体、图例、支持格式、功能和用户等方面。用这些要素，按照信息系统互操作和可移植性要求构成的集合和关系模型就是技术参考模型。

对于技术参考模型做以下几点说明：

（1）技术参考模型是一种概念上或理论上的各组成要素间的位置和关系模型，并非实现参考模型。

(2) 技术参考模型可分为通用和详细的两类模型。通用 TRM 以应用平台为核心, 为用户应用和外部环境规定特征、格式、接口和服务的集合, 而详细的 TRM 则进而划分出各功能域。这种功能域为标准乃至标准轮廓划分和使用提供指南和基础, 但这种标准是全部使用情况的通用集合, 而在某些功能域中还会出现重叠和交叉。所以在确定具体实现或具体体系结构标准规范时, 还要依照参考实现对具体要求和政策, 加以限定和取舍。

(3) 技术参考模型从概念上描述逻辑功能的全集, 而不考虑具体设备的实现和设备划分。所以也不考虑对传统设备的继承和造价。而实现设备的划分, 留给具体系统体系结构。

(4) 技术参考模型不是体系结构。体系结构针对特定用途的信息系统, 而 TRM 则反映技术进步和集成的通用性, 不针对特定用途。具体体系结构产品受“C⁴ISR 体系结构框架”指导。

(5) 通用技术参考模型, 大都采用 IEEE Posix 1003.0, 即开放系统环境 (OSE) 指南工作组的模型。在该指南中, 接口 (界面) 被定义为两个功能单位的共享分界。在研究与应用可移植性相关项目分类时, 上述功能单元被称作“实体”。

2. TAFIM TRM与C⁴ISR体系结构框架的关系

“C⁴ISR 体系结构框架”是由美国 DoD C⁴ISR 一体化任务委员会 (ITF) 下属的一体化体系结构工作组 (AWG) 开发的产品, 1997 年已公布了第二个版本。该框架为体系结构的开发和表述提供了规则、指南和产品的描述, 以确保对体系结构的理解、比较和集成, 有一个共同的基准。该框架的应用将使体系结构能最有效地建立有互操作能力和费效比合理的军事系统。其目的是利用合理的投资、能够迅速改进“用于战争”的各种综合能力, 以实现改进作战能力的迅速部署, 并使作战人员的系统能有效地设计。而从跨机构的角度比较、分析和集成各种体系结构, 就成了实现上述目标的关键。

C⁴ISR 体系结构有三个主要透视图, 即三个视图, 它们结合在

一起从逻辑上描述一个体系结构。这三个视图分别是作战视图、系统视图和技术视图。对于技术体系结构视图，在“C⁴ISR 体系结构框架”中作了如下的定义：技术体系结构视图是决定系统部件或组成要素的安排，相互配合和相互依存的一组最低限度的规则，其目的是确保组成的系统满足一系列特定要求。

具体讲，技术体系结构视图要为系统的实现提供技术指南，据此可以制定工程规范，建立通用的标准部件，产品的基线。它应当包括一批技术标准、惯例、规则和准则，它们构成多个侧面图。由这些侧面图决定了特定的体系结构视图的系统服务、接口和相互关系，并与特定的作战视图建立联系。

由于 TAFIM TRM 吸收了信息技术发展的最新成果，被定义为接口、服务、支持格式和用户方面的综合集，其目标又是实现各种应用、数据或人员的互操作性和可移植性，所以，就必然成为 C⁴ISR 体系结构技术视图构成的基础构件，成为技术体系结构视图乃至系统体系结构视图构建的基础和指南。然而，又因为 TAFIM TRM 是逻辑上的功能模型，不针对任何具体使命应用，不考虑技术成熟程度和集成要求，所以不能作为参考实现，也不能直接作为具体实现系统的依据，而且也不考虑设备的实现，所以就有待其他基础构件加以补充，如 DoD 信息系统基础设施的公用操作环境（DII COE），DoD 共享数据环境（SHADE）以及联合技术体系结构（JTA）。这些基础构件，以 TAFIM TRM 作为指南，各自从一个侧面对 TAFIM TRM 进行描述和规定，共同成为技术体系结构和系统体系结构视图的基础构件，作为建立技术和系统体系结构视图的基础。

8.1.3 DoD 技术参考模型

1. 新模型概念

DoD TRM 综合了服务视图和接口视图，以满足各种各样的复杂系统的综合需求。它可以剪裁以支持大范围的需要，以下是模型

的特征部分。

- 该模型有能力支持体系结构的转移、增强和技术成果的插入；
- 通过该模型的自由协商，有能力选择扩展的服务和接口；
- 该模型有能力支持并允许对新服务和接口进行定义、连接和环境配置（例如网络、分发、平台集中、多平台，以及分散平台）；
- 该模型有能力表示或支持不同视图（例如只有服务，只有接口，服务与接口，功能）；
- 该模型易于映射为其他已知参考模型，以促进关系和链路的建立。

DoD TRM 于 2001 年 4 月 9 日由 DoD 批准公布，目前已有了第二版本。它是将自动化工程学会（SAE）航空系统分部（ASD）的通用开放体系结构（GOA）和 TAFM 的 TRM 相结合的产物。DoD TRM 吸收了 SAE GOA 的接口和 TAFIM TRM 的服务集，是两者的扩充和增强。

DoD TRM 不是一个新的取代模型，也不是一种体系结构，而是帮助研究互操作性问题，作为 TAFIM TRM 的增强。其主要特点有：

- 对现有和新出现的用户需求提供各自不同剪裁；
- 有能力从一种模型或视图到另一种打算使用的模型及视图进行转换；
- 有能力标识和包含新的服务、接口，这些服务和接口或许是性能、技术和硬件需求所必需的；
- 为跨越 DoD 广阔的范围研究互操作问题提供共同和独立的 DoD 框架；
- 为跨越多于一种平台提供联系服务和接口群；
- 考核和研究互操作性问题（因为该模型可以应用于 DoD 外的商业模型）。

2. 主要元素和视图

DoD TRM 同样包括服务、接口和实体（包含服务和接口）三个主要元素。这里侧重对 DoD TRM 中新出现的一些接口描述如下。

DoD TRM 将接口分为逻辑接口和直接接口两种。其中，逻辑接口指的是模型中水平的、同一层内、各组成部件之间建立的同等到同等的关系。对于逻辑接口的实体而言，路途中的信息是透明的。而直接接口则是在组成部件间建立通信通路，而且在接口视图是垂直的。这些接口为信息流提供路由、信息的内容，典型地与路途中的信息不相关联。接口是完全定义好的。

在 SAE GOA 中体系被分为 4 个层次：

- 层 4：体系的最高层，叫做应用软件层，对应于 DoD TRM 的应用软件实体。
- 层 3：直接在应用软件之下的顶部软件隔离层，叫做系统服务层。
- 层 2：也是一个隔离层，叫做资源访问层，它是低层服务或功能实体的组成部分，典型地叫做“设备或硬件功能驱动程序”，它对层 3 来的硬件实体细节进行抽象。
- 层 1：是体系的最下层，叫做物理资源层，也是硬件实体的组成部件，它还包括固件和很低等级的软件。

3. DoD TRM的多重视图

在一般情况下，一个或其他视图将被用来研究特定的互操作性问题。然而，没有办法用一张图来表示它们，从而使读者利用它们去研究不同的问题。在一个特定的系统中（如指挥和控制）出现的技术要求或许需要查询服务的表示；而在同一个系统的其他应用情景中或许查询接口示意图，以便支持实时要求。

8.2 公用操作环境（COE）

8.2.1 COE的开发

开发 DII COE 的最初起源是建立（美军）全球军事指挥控制系统（WWMCCS）的替代产品——全球指挥系统（GCCS）。这一工作开始于 1993 年秋，当时集中了来自后勤、情报、国防测绘局（DMA）以及有关机构的技术专家和程序管理人员举行了会议，与会者提出了一些候选系统作为 COE 体系结构可能的起点，提出将几个系统的最好部分组合起来就可能产生一个适合于 GCCS 的近期系统要求。从而出台了一个基础设施和可以实现的一种移植策略，用来保持已有系统直至过渡到计划要求的体系结构为止。接着的一系列会议把联合开发的基础结构概念叫 GCCS COE，把 COE 仅限于 C⁴I 问题的范围之内。GCCS COE 的软件构成来自最初的联合工程组评估过的候选系统。而 GCCS COE 的原理、结构和基础已有意识地超出了 C⁴I 的任务领域。1994 年初有了 GCCS 1.0 版本，1994 年夏升级为 GCCS 1.1，包括了以“联合”方式操作的使命应用程序，即这些应用程序集成在一起互不干扰地工作在相同的硬件上，但应用程序之间还不能有效地共享数据。1995 年，GCCS 2.0 版本使用于几个现场。1995 年中期 2.1 版本投入使用。1996 年中期成功地代替了 WWMCCS。GCCS 2.2 版本成为 1995 联合武士互操作演示验证（JWID）的基础。一个更精制版本成为 JWID96 的基础。1995 年中期各技术专家开会，将 GCCS 扩大为 DII COE。DII COE 扩大了使命任务领域，成为既包含原来 DII COE 功能、又向后兼容的 COE。

8.2.2 COE的特点

COE 是“即插即用”的开放体系结构。当前的参考实现是环绕着客户机 / 服务器模式设计的。COE 不是一个系统，而是构筑一个

开放系统的基础。

DII COE 代表了对传统开发程序的背离。它强调增长性的开发和配备到现场,以减少将新功能放到战士手中所需的时间,同时也不牺牲质量,不承受不合理的程序风险和费用。这种开发方法有时被描述成:“建造一点,测试一点,配备许多”的原理。它是一个连续推进稳定基准的过程,以便在新技术成熟时取得它们的好处,并且引入新的能力。

DISA(美国“国防信息系统局”)维护着 COE 软件,并在软件分发管理系统(SDMS)的联机配置管理仓库中保存着来自 DISA 自身基于 COE 系统的软件。这种方法,使得开发人员通过电子化方式接受软件的更新,或者提交新软件段来缩短开发周期。利用安全措施使安装费用减少,因为运行平台可以用电子化方式跨过具有安全优先等级的网络(SIPRNET)或其他 LAN 网络加以更新。

8.2.3 COE 的版本

DII COE 的新颁发版本是“DII COE 集成和运行规范(I&RT)”第三版,1997 年 7 月。它试图加强和澄清一些以前不清晰或不完整的章节,并提出一组新的能力,它们包括:

- 使用分布计算环境(DCE)的导引;
- COE 对 WWW 应用的扩充;
- 通过共享数据环境(SHADE)对数据应用的支持;
- 对基于 NT PC 的 COE;
- 管理大范围 LAN 环境用的附加工具。

8.2.4 COE 的定义

COE 是标准、规范、指南、体系结构定义、软件基础设施、可重用成分、API、方法学、运行环境、参考实现和系统赖以其上构筑环境方法等的总和。COE 允许由分别开发者所创建的段作为一个集

成系统一起工作。COE 通过提供共性功能的同一实现来确保系统的互操作性。COE 既是一种标准又是实际产品（参考实现）。这些产品是由按照一套开放标准和规范构筑起来的可重用软件来组成的。

DII COE 完全和美国“国防部信息管理技术体系结构（TAFIM）”版本 3 相一致，是一种构建互操作系统的方法，也是可重用软件集合的参考实现，它是支持各种军事任务领域应用的软件基础设施，又是一组描述如何正确地构建新软件，使其达到自动无缝集成的指南、标准和规范。

在缺少联合系统体系结构（JSA）的情况下，联合技术体系结构（JTA）用于取代 TAFIM 中标准的导引。JTA 强制使用的 DII COE 就是 JSA 的基本部件。DII COE 应依据需要不断发展，并与未来更新中的 JTA 要求相一致。

DII COE 与美国国防部信息管理计划中规定的“技术参考模型（TRM）”也是一致的。TRM 中规定的 COE，也应用 DII COE 实现。TRM 的目的在于提供一种通用的概念性的框架，并定义一批通用词汇，建立一种上下文的关系，以便 DOD 各信息系统的各个组成部分更好地协调、获取、开发和支持。但 TRM 不是具体的系统体系结构，它要依赖 DII COE 为其提供公用操作环境的参考实现。

8.2.5 DII COE 的概念

要把握 DII COE 的概念，首先要注意 DII COE 是比传统的软件重用概念更为广泛更为深入的新方法。太多的重用自由选择，不仅会带来重复劳动，还会导致互操作性问题。此外，软件重用忽略了数据重用的重要性。传统上使用的方法是将数据封装到一个关系数据库中，应用程序可以根据它们自己的模式从中检索数据。这种方法虽然有了长足的进步，但它不能满足联合作战领域真正互操作的系统目标。而需要的则是一种提高系统内和系统间数据共享的方法，这种方法还必须识别和解决数据重复、数据不一致以及数据复

制等问题。共享数据环境（SDADE）就是 DII COE 的数据重用策略。DII COE 既强调软件重用，也强调数据重用，还强调对于数据和软件的互操作能力。具体说 COE 概念包含：

- 建立有互操作能力系统的体系结构和方法；
- 在应用程序和系统间建立共享数据的环境；
- 支持使命任务领域应用程序的基础设施；
- 严格定义运行环境；
- 在运行环境上构建系统的参考实现；
- 可重用软件部件和数据的集合；
- 达到与 DII 一致性的整套严格要求；
- 执行 COE 原则和衡量与 DII 一致性的自动工具集；
- 软件集成的自动化过程；
- 软件和数据重用的方法和手段；
- 一组访问 COE 部件的应用程序接口（API）；
- 对 DII 仓库提交/取回软件 and 数据的往来电子过程。

DII COE 集成和运行系统（DII COE I&RTS）是一个工程规范，描述模块必须怎样在目标系统中相互作用。系统设计者和软件开发者保持建立系统的自由，而运行环境的冲突和数据冲突则要通过实现 COE 原则的自动工具来识别和解决。重要的是，这种方法把传统集成任务，现在在很大程度上推给了开发者，要求他们将软件提交给政府之前，要用 COE 来集成和测度，从而简化了集成。由于最了解其软件的设计人员来实现集成，就减少了费用。同时，集成的早期工作在较低层次上实现，也就使政府专注于验证而不是集成。

从多个侧面去理解 COE，从多方面的相互影响去评价 DII COE 的广度和能力，是正确理解 COE 的重要途径。下面分四个具体方面加以理解，即：

- COE 作为系统基础；
- COE 作为体系结构；
- COE 作为参考实现；
- COE 作为实现策略。

8.2.6 COE 的体系结构

1. 段的概念

在基于 COE 的系统中,除了像操作系统和基本窗口软件的核心部分外,所有的软件和数据都被打包成完备的单元,该单元称为段。这对于基础软件和任务应用程序软件都是正确的。段是最基本的构件,基于 COE 的系统就是由它建造的。段是根据它提供的功能,而不是根据“模块”来定义的。事实上,段可能是由一个或多个“模块”组成的。从最终用户的观点,而不是从开发者的观点出发,它们被定义成相关功能的集合。用这种方式定义段的理由是因为:和通过单个程序、文件名或数据表格比较起来,段表达的是系统中应当包含什么软件特性,不应当包含什么软件特性的最自然的方法。例如,把系统看成包含信息处理的段,要比看作调用 MP-In 和 MP-Out 的可执行程序更自然。对于最终用户,字处理段比想象一个打开文件的软件模块、一个给文件标上页码的模块、一个压缩文件的模块等更自然。

组成 COE 的段称作 COE 部件段,更精确地说,它们是含有 COE 属性的段。建立在 COE 之上,专门提供特定任务域能力的段称作任务应用段。管理段的装载、删除或控制交互的原则对所有段都是相同的,但处理 COE 部件段则更为严格,因为它们是整个系统依赖的基础。

系统中每个段都包含一个向 COE 其他部分作自我描述的数据文件集合目录,把包含这些文件的目录称作段描述符目录,而文件本身则称作段描述符。把部件分解成单个包以及创建所需段描述符的过程叫做分段。按照管理 COE 和运行环境的严格规则,用段打包系统后可立即产生下列的好处:

(1) 段开发者之间无需关联:在指定的目录内段是完全的。开发者在指定的段目录内具有最大的自由度,但在其外则有最小的自

由度。这就使得多个开发者可以并行工作，并在开发后得到无缝集成的支持。

(2) 对 COE 提供环境的扩展要通过自动软件工具来协调：企图建立 COE 的单一配置来满足所有可能的任务应用或者满足现场专用要求是不可能的。然而，COE 工具则可以按照谨慎可控广度来扩展 COE 提供的环境，从而使确保兼容性和标识段的从属关系以及避免冲突成为可能。

(3) 自动进行一致性检验和安装：未经自动检验的标准实际使用是困难的，尤其对系统很大，而且需要协调若干不同的承包商、程序开发者、服务商以及代理活动的场合。COE 的检验方法与软件安装密切相关，其中一个自动化可直接导致另一个自动化。

(4) 任务应用段与 COE 分离：系统集成中的问题通常是由软件部件之间无规则交互作用的结果，或者是由部件之间紧密耦合的结果。COE 通过 API 控制交互作用，并把任务应用程序与 COE 部件段分离开。因此，一个任务应用段的失败很少会影响另一个任务应用段，也不会影响 COE 基础本身的稳定性。

(5) 一个开发者或一个系统建立的段很容易为另一开发者或另一系统重用：这是因为 DII COE 是一个既包含了软件重用又能确保重用的段无缝嵌入新系统的有效策略的缘故。

(6) 简化了集成：在段提交之前，最初的开发者要解决大多数集成的问题。加之段描述符对段作了自我描述，从而使得把段集成到系统所需的所有相关信息都包含在一个标准的、已知的位置。而验证又经检验工具对 COE 的适应性检测出了传统集成中的大部分问题。此外，作为安装工具的副产品，集成过程很大程度上是自动完成的。所以，就其本质而言，与传统方法不同，DII COE 把集成的责任进一步推给了最初的开发者。

(7) 简化了配置管理：由于使用了描述与其他段从属关系或与其他段冲突的段描述符，因此有可能描述分层功能的需求，按照层次和从属关系树为所需功能确定全部所需的段，简化了配置管理。

上述好处同样适用于 UNIX 和 NT 环境。事实上它不依赖于所寄居的操作系统。

DII COE 是一种功能的超集。它所包含的功能远远超过了在单个平台上,甚至在特定作战现场上的功能。这正因为段是 COE 的一部分,就不一定总是要出现或总是需要它。这就为定制环境提供相当可观的灵活性,使得段只有在满足具体特定的任务应用的要求,才在运行时出现。这种方法使得用来支持基于 COE 的系统所需的硬件资源减少到最低程度。例如,COE 包含有显示地图的服务,但在指挥中心的某些 C⁴I 操作员只需要读取和复审报文业务,并不需要查看战术显示,对这类操作员,在运行时把额外的内存和额外用来显示图形的段配置给他们,从而造成性能方面的开销就没有必要。

理解段是理解和使用 DII COE 的基础,在此基础上,再来讨论 DII COE 的内在结构。

2. COE分类

段可以按照多种方法分类。DISA COE 设计工作组考察了以往的分类方法,为便于把 GCCS COE 扩充到 DII COE,提出了两层的分类法,即基础服务和公共支撑应用。在 DII COE 的体系结构设计文档中对两层进行更详细的描述。

基础服务和公共应用之间的区别是数据与信息(即处理过的数据)之间的区别,它也是交换数据与共享数据之间的区别。基础服务为数据交换提供了低层工具,也为管理和分布于整个系统来往的数据流提供了体系结构框架。这种服务的例子包括传输控制协议、网间协议(TCP/IP)和用户数据报协议(UDP)、分布计算环境(DCE)和公用对象请求代理体系(CORBA)。要达到有效的数据共享,要求使用所有的 COE 服务,尤其是共享数据环境(SHADE)提供的那些服务。

另一方面,公共支撑应用为管理和传播贯穿于整个系统的信息流,以及为应用之间共享信息提供了体系结构框架。这一层次所包

括的一些设施，用于处理和显示公共数据格式及信息集成的可视化。

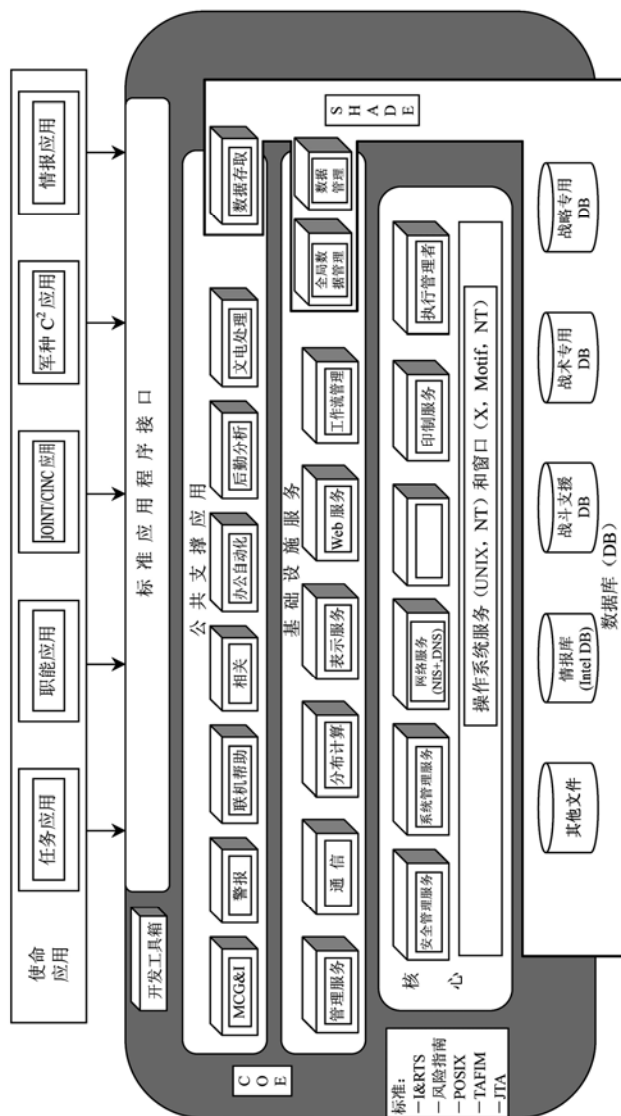
对于实现 COE 部件功能的软件模块作出选择是一项持续进行中的任务，这也是 DII COE 渐进特性的体现。为进一步推广 COE，优化已选择的部件，或者扩展 COE 以满足其他任务的要求，要进行许多修改。即使过程是渐进的，但 COE 仍保留向后兼容性，使得任务应用不会因 COE 的更新而被放弃。

3. COE 体系结构

图 8.2 是 DII COE 体系结构的一个简化图表，它说明了 DII COE 内部不同层次和 COE、部件段、任务应用段，以及 SHADE 之间的关系。正如在技术参考模型（TRM）中所看到的那样，COE 包含 API、GOTS 和 COTS 软件、操作系统、窗口软件、标准（JTA）以及规范（用户接口规范、I&RTS 等）。各种物理数据的有关功能，如管理信息显示系统（MIDS）、综合数据库（IDB）、联合作战计划与执行系统（JOPES）等，以及存取和管理数据库的关系数据库管理系统（RDBMS）也被考虑为 COE 的一部分。

SHADE 是 DII COE 的整体部分，并且包含数据库和相关软件，也在图中给出。图 8.2 只是给出相互关系的总图，但其结构和原则对所有任务域都是一样的。

用硬件比仿的话，COE 就是构件的集合，它们形成了软件的底板。段插入就像电路卡插入硬件底板。包括操作系统和窗口环境下的块就类似于电源。COE 部件段等同于已建造好的构件，如中央处理器（CPU）或内存。其他一些（如专用通信接口卡）则是可选的，这要取决于所建造的系统如何使用。标有任务应用域的块是由一个或多个任务应用段构成的。这些段等于底板上添加的客户电路卡，使得系统适合于这个或那个用途。图中暗示了 API 是存取 COE 所提供服务的唯一路径。这对于所有 COE 软件 and 所有层，包括 COTS 软件都是适用的。然而，COE 在 COTS 软件之上并不建立附加的层，这些部件可以直接利用商业产品中厂商提供的 API 访问，只要这种用法不损害所期望的 COE 体系结构就行，而违背了体系结构就不行。



MCG&I: 地图, 图表, 大地测量与图像 JOINT/CINC: 联合情报/首席指挥官

图 8.2 DII COE 体系结构的简化图表

COE / SHADE 数据库被分成段，就像任务应用分成段一样，但侧重点不同。任务应用是基于功能特征分段的，而数据库则是在功能上按它们所支持的任务应用的领域进行分段的。任务应用是功能模块，而数据库则是信息模块。

在 COE 中，使用 COTS 产品的精确配置处于严格的配置控制之下。这是必要的，因为可配置项，诸如共享内存或交换空间的数量，必须是已知的，并应仔细加以控制，以保证 COE 中其他部件能正确操作。

贯穿于 COE 的一个基本原则是：不允许段直接修改另一个段“拥有”的任何资源。这包括文件、目录、操作系统的修正。

图 8.2 中所给出的 COE 部件段，是为典型的服务器设计的，尽管有些用库形式提供，但它将和应用程序段相链接。应当注意，在实践中这些段经常是既用于客户机方式运作，又用于服务器方式运作。

(1) COE 核心

COE 通常要制作、构造大量可用的段，但并非每一应用程序要用到所有的段，COE 核心则是不管平台如何使用，所有平台都需要的最小集合。

COE 核心应永远包含操作系统与窗口环境，它通常还包含以下特征：

- 基本的系统管理功能；
- 基本的安全管理功能；
- 执行管理者功能（诸如 Windows NT 的桌面 GUI 或公共桌面环境（CDE））；
- 建立特权操作员登录中账户的模板；
- 建立非特权操作员登录中账户的模板；
- COE 段安装工具。

(2) 基础服务

基础服务在很大程度上独立于任何特定的应用程序。在基础服务层内，管理服务包含网络、系统及安全管理。通信服务为接收和

发送外部数据提供设施。分布计算服务为客户/服务器环境中实现真正的分布处理提供必要的基础。表示服务负责与人的直接交互，不管是通过窗口、图标、菜单或者是多媒体。数据管理服务包括分布环境中关系型数据库管理与文件管理。工作流和全局数据管理服务面向管理后勤数据。其中，数据管理服务和全局数据管理是 SHADE 的一部分。

(3) 公共支撑应用

与基础服务不同，公共支撑应用倾向于专门用户特定的任务域。警报服务在整个系统中负责跟踪和管理警报消息，不管对系统管理员来说是意外的报警，还是对观察员来说是飞来导弹的报警。相关服务负责从传感器或指定有关平台部署等其他来源的信息作出相关处理，以维护战场有一致的视图。地图、图表、大地测量和图像 (MCG&I) 服务处理国家图像和测绘机构 (NIMA) 的地图或其他产品，以及来自各种源的图形显示信息。文电处理服务处理军用格式文电的分析和分发。办公自动化服务处理文字、电子表格、简报支持、电子邮件、Web 浏览器，以及其他相关功能。后勤分析包括公共的功能，诸如 Perti 图表，用以分析和显示与后勤相关的信息。联机帮助服务为应用提供统一的技术，用以显示对上下文敏感方面的帮助。最后，数据存取服务是 SHADE 的一部分，用以向应用提供公共数据存取方法、过程及工具。

(4) COE 开发者工具箱

由于 COE 不是系统而是建造系统的基础，所以 COE 应包括开发者工具箱的集合，以帮助开发者建立任务应用软件。然而，工具箱并非在操作现场运行期间使用，而只是在软件开发期间需要。因此，作为 COE 的一部分，工具箱只在基础服务和公共支撑应用层之外给出，把它们与实际安装的系统分开。工具箱由 DISA 提供。

COE 开发者工具箱包含 API 库和工具集，用来支持分段过程。有关 API 和分段工具的详细资料，在相应的 DII COE 程序员指南中给出。

（5）SHADE

SHADE 是对 I&RTS 版本的重要补充，其目的是为 DII COE 提供数据的“缺少部件”。

（6）COE “即插即用”

DII COE 被构造为“即插即用”的体系结构。“即插即用”设计的关键是通过详尽描述的规则，并通过只使用已发表过访问 COE 服务的 API，来保持对 COE 的一致性。

COE 作“即插即用”体系结构不仅使段开发和集成进 COE 工作简化，也使已有遗产系统由 COE 过渡在概念上直截了当。但由于需要切换到不同的一组构件，则要做大量工作。即调整到体系结构概念上工作并不多；而调整代码来使用一组不同 API 则需大量工作。

8.3 信息系统互操作等级（LISI）

8.3.1 概述

DoD 制定信息系统互操作等级（LISI）的目的有两个：一个是为系统间的互操作定义一个成熟或完善程度的模型；另一个是从确定联合作战的互操作需求，评估信息系统满足这些需求的能力到选择实用的方法，为达到更高等级互操作阶段的过渡途径制定一种过程。

LISI 是一种定义、考核、测度和评估信息系统互操作能力的一种过程。它采用了一种共同的参考和性能测度框架，并将其应用于信息系统的整个寿命周期，即从需求分析到系统开发、获取装备、后继改进和提升的整个过程。在 LISI 的行文中还包括：

- 促成对互操作性及其整套能力的共同理解。这套能力使得系统到系统的每一逻辑等级都有能力实现其交互作用。
- 提供一种互操作能力的成熟模型和有关能力要求，作为异构系统间按各自成熟程度比较的基础。

- 通过需求引导和体系结构分析、系统开发、获取和技术插入，为评估和改善互操作性能提供一种方法。

LISI 强化了信息系统的有效管理，通过支持 DoD 使命（如像 DII 的主体规划，DII COE，TRM 和 JTA）中使用信息技术的改进而对其他活动形成一种补充。

信息系统互操作等级可以提供：

- 互操作成熟模型：描述系统之间互换信息能力的相对完善程度的上升等级。
- 规定互操作等级：通过对有关使命信息事务需求特征的考核，并与互操作成熟模型中定义的等级对比，有能力确定作战和系统的需求。
- 与规程（P）、应用（A）、基础设施（I）和数据（D），即（PAID）有关的整套能力：这些必须是信息系统达到每一互操作等级的实质特征。
- 实现选择：即对每一指出的能力是可行的，包括那些和当前 DoD 技术准则（例如 JTA，DII COE，共享数据环境——SHADE 等）相一致的选择之间清楚的区分，并且这些选择是 DoD 其他准则未作过的。
- 实际评估过程：用于确定特定系统或系统之间互操作性的成熟等级，实际评估所缺少的能力及不兼容的实现，为解决这些缺陷，以及为逐步达到更高的成熟等级所提供可行的选择。
- 为共同工作的团体提供合作方式：以便为解决系统对系统的不能连接及变革策略而共同工作，并约束正规标准团体就有当前和现有实现指南提供可行的建设性反馈意见。

8.3.2 LISI各要素

对 LISI 各要素说明如下：

- （1）LISI 互操作性成熟模型：它定义了 LISI 表示互操作性的

五个等级，描述系统到系统相互作用完善程度从一个等级到上一等级的上升。

(2) **LISI 参考模型**：以四个综合项目或集成属性表征互操作等级，即规程、应用、基础设施和数据 (PAID)。对每一具体的互操作等级都必须提出一组规定的的能力，以便达到该等级所规定的互操作成熟程度。

(3) **LISI 能力模型**：定义专门的能力门坎，即为达到每个互操作等级所要求跨越 PAIP 能力套，要求该模型对确定系统的互操作轮廓和测度标准提供所需的详细等级，并为指导 LISI 评估提供基础。

(4) **LISI 实现选择表**：为使开发者有能力实现能力模型中确定的每一能力，而获取可能实现选择的全部范围。

(5) **互操作轮廓**：作为完成 LISI 调查表的结果而产生的具体系统。这个轮廓包括由具体开发者考虑一个专门系统或应用所作出特定实现的选择。

(6) **LISI 测度**：通过运用能力模型对来自系统调查收集的数据进行计算，从而得出测度。并通过这种转换对 LISI 等级项目中的一个系统，通过所表现能力组成集来描述一种轮廓的形成。这种结果是一种测度，它获得一个系统所拥有的互操作等级。

(7) **LISI 产品**：通过互操作性轮廓及系统指定测度套的比较和评估而开发的产品。

8.4 DGSA安全管理

美国国防部目标安全体系结构 DGSA 采纳了 ISO 7498—2 安全管理体系结构作为基础，并加以扩展，命名其适用于开放系统安全管理的所有方面。

1. 信息域

在 DGSA 中，用“信息域”取代了 ISO 的“安全域”。这是因为“安全域”之间存在子集或超集关系。由于 DGSA 不允许信息域

间有层次关系,有关子集和超集的概念也就不必要了。当信息客体的敏感度成为信息域安全政策的一部分时,信息域中所有信息客体拥有同等的敏感度。信息客体的敏感度是该信息客体在一信息域中出现的结果。“单一权限”是信息域成员的身份。通常这种权限授给一个或多个安全管理员,以便进行日常安全管理活动。在 DGSA 中,信息域间交互,通过安全政策域间传送规则及其实现予以解释。

2. 安全管理信息库 (SMIB)

DGSA 利用 SMIB 来引导信息域及 ES 管理,而不是 ISO 7498—2 中由每一 ES 的适当安全政策所暗示的仅仅引导 ES 管理。这种灵活性允许一个安全管理员(或一组安全管理员)从同一 SMIB 来管理一个以上的信息域。而且,这也说明对于共享某个管理信息域的所有信息域的管理信息来讲,每个安全管理具有同样的属性(特权)。

(1) 信息域 SMIB 的内容

下列信息客体的例子可放入 SMIB 来管理信息域:

- 信息域的安全政策规则;
- 成员注册信息;
- 成员鉴别判据(如所要求的机制强度);
- 成员鉴别信息;
- 成员属性(特权)(如访问特权、域间传输释放权);
- 可视的安全标记信息(例如若存在标记,则哪个标记是与所要打印或显示的信息相关联的);
- 对特定应用程序安全服务及安全机制的要求,包括域间通信和域间信息传送。

(2) ES SMIB 的内容

ES SMIB 包含由多个信息域共享的安全功能和资源管理信息,包括硬件信息,安全判据功能(尤其是安全服务和机制),以及支持类应用(如密钥管理)。包含的信息客体例子如下:

- 端系统安全政策规则;

- 安全服务管理信息；
- 安全机制管理信息；
- 支持类服务和机制管理信息（例如报警、信息系统检查、密钥分发、安全上下文、安全判据功能以及有关 ES 操作的安全相关应用程序）。

3. 安全管理信息的通信

安全管理信息将根据每个管理信息域的安全政策得到保护。用作用进行安全管理信息通信的安全应用程序，将同其他应用程序一样，依赖于相同的开放系统协议的底层结构。管理应用程序运行于安全上下文之中。

4. 分布式安全管理的行政管理

每个管理信息域针对它所管理信息域使用并维护 **SMIB**。安全管理员依赖于监控底层结构（如通信安全监控）。而对无法远程管理的功能（如要求由行政管理及上下文条件控制的物理访问，及个人可统计的某些密钥管理方面），与本地管理员合作是必要的。

5. 安全管理应用程序协议

当前，在现有和开发中的安全管理应用程序协议中，如 ISO 的公用管理信息协议（**CMIP**）、通用高层安全（**GULS**）、安全交换服务元素协议（**SESEP**）等，以及互联网工程特别任务组（**IETF**）定义的网络管理协议（**SNMP**），与其后续版本 **SNMPv2**，还无法作出明确选择。随着安全管理协议状态趋于稳定，**DGSA** 将采纳适合的协议。

6. ES安全管理功能

DGSA 把 ES 安全管理视图扩展到整个开放系统上下文，特别是对多个信息域的支持方面。有关事件处理、安全审计及安全恢复

管理等是相互关联的，并将一起处理。其典型活动的例子如下：

- 总的政策管理，包括对一致性的更新与维护；
- 包括与其他 OSI 管理功能的相互影响；
- 与安全服务管理及安全机制管理的相互影响；
- 事件处理管理；
- 安全审计管理；
- 安全恢复管理。

7. 安全服务管理

一个信息域的安全政策对如何解决安全服务要求有各种明确的规定，如通过强制使用某些特定的安全机制。另一方面，可能对某个具有特定强度的安全服务只有一般要求，并允许 SMAP 从现有机制中选择一个适用者。每个安全服务典型活动，都与如何通过安全机制满足安全服务的需求有关。有以下几种途径：

- 决定与指定服务强度；
- 指定与维护机制选择结构的规则；
- 协商可用的安全机制；
- 调用安全机制；
- 说明安全服务功能和机制管理功能的交互作用。

8. 安全机制管理

安全机制管理与具体的安全机制管理内容有关，典型内容如下：

(1) 密钥管理

- 每隔一段时间生成与所要求安全水平相称的密钥；
- 根据访问控制要求决定哪些实体应接收每个密钥的复制；
- 在真实的开发系统中通过安全方法使密钥可用，或将密钥分配给实体。

(2) 加密管理

- 与密钥管理的交互作用；

- 密码参数的确立;
- 密码同步。

一个加密机制的存在意味着对密钥管理和参照密码算法的公开方式的使用。OSI 上下文中哪些实体被独立锁定取决加密提供的保护判定等级,通常由安全体系结构,尤其是由密钥管理机制决定的。期望新的密码产品支持可为每个应用程序选择多重算法。

(3) 数字签名管理

- 与密钥管理的交互作用;
- 密码参数及算法的确定;
- 两个或可能三个通信实体间协议的使用。

当数字签名支持依赖于可信的第三方抗抵赖服务时,可在密钥及算法标识符长期存档方面增加一些管理职责,从而使这些事务在其发生后可得到很好的验证。

(4) 访问控制管理

访问控制管理可能涉及安全属性(包括口令)的分配,或访问控制,或能力表的更新,它还可能涉及通信实体与其他提供访问控制服务实体之间协议的使用。

“安全属性分配”包括在 SMIB 中的初始安装。由于并非所有位于信息域 SMIB 中的信息都必须在每个支持信息域的 ES 中作本地显示,所以 ES 间传送访问控制属性是必要的。但要注意,由于信息域安全政策可能会将某些访问权授予所有成员,所以用户特定访问控制属性并不总是需要的。

(5) 数据完整性管理

- 与密钥管理的交互作用;
- 密码参数与算法的确立;
- 通信实体间协议的使用。

由于可用密码技术支持完整性,在单一 ES 内完整性又是强力访问控制的副产品。所以,当要求通信数据完整性时,密码机制希望作为候选者,SMAP 必须提供选择算法及完整性所需密钥。

(6) 鉴别管理

鉴别管理涉及对需要执行鉴别实体的描述性信息、通行字或密钥等的分配,也可能涉及通信实体与其他提供鉴别服务的实体间协议的使用。

(7) 通信业务填充管理

用于通信业务填充规则的维护,包括:

- 预先规定的速率;
- 规定随机数据速率;
- 规定报文特性,如长度;
- 可能根据日期和/或当日时间作出规范的变动。

(8) 路由控制管理

路由控制管理可能引入链接或子网定义。就具体判据而言,认为这些链接或子网是安全或可信的。路由控制一般将被限制在选择某具体网络接口的上下文内。

(9) 公证管理

- 公证信息的分发;
- 公证者与通信实体间协议的使用;
- 与公证者的交互作用。

(10) 可用性管理

可用性管理被限制在 LCS 或 CN 的管理设施之间进行交互作用的上下文之内,用于通知故障中断及中继替代服务信息。

另外,安全体系结构设计者需要各种工具,以便使其能够设计可支持信息域安全政策反映用户所需要的 ES。安全管理员必须拥有一套现成的安全管理工具来协助其有效而方便地履行其职能。

(1) 安全政策规则的详细说明

为完成安全政策决策功能 (SPDF),必须开发一种工具协助或执行将安全政策缩减为可被 SPDF 解释的安全政策规范。安全政策规范是一种新尝试,并需大量研究工作。

(2) 安全机制目录

选择适当的安全机制，以执行安全政策所要求的安全服务活动，要考虑的相关因素有：

- 安全机制及其他安全关键功能（例如分离内核的可用性）的强度。
- 安全机制的特性。即提供什么、不提供什么、其间如何交互作用、如何实现及使用的要求，使其有效地工作。
- 安全机制成本开销。包括采购开支及寿命期成本。
- 对用户的影响。如性能损伤。

(3) 安全管理员的维护应用程序

每个安全管理活动都要求对安全管理员自动提供支持。提供这种支持的应用程序与 SMIB 的维护、密钥管理和信息的检验、处理及校正（如审计记录）等各方面都有关。这些管理应用程序应当在一起顺利工作，但要为某些特定安全管理员指定某些活动时，它们必须是可分离的。某些情况下，将安全管理应用程序与其他应用程序结为一体是必要的（如 X.500 目录服务）。

8.5 通用信息处理平台及选择

通用信息处理平台是现代军事电子信息系统中重要的基础支持技术之一。平台遵循综合信息系统总体制定的体系结构框架，为各功能系统的实现提供一个统一的基础，为保证系统间的互连、互通、互操作和一系列的共性技术规定完备的标准、规范及管理办法。

信息系统中的产品如计算机硬件设备、网络通信设备和基础软件的选型必须遵循平台总体方案的要求与原则。产品选型既要避免依赖于某一特定厂商的产品，也要使所选的产品品种不要过多、过杂，以利于各有关工程项目的配置，也有利于今后系统的运行维护和人员培训。军事信息系统在网络化、电磁兼容、国产化、安全性

及环境适应性等方面,有比民用系统高得多的要求。产品的选型必须突出这些军用特点。

系统具体的选型原则主要包括:继承性、兼容性、开放性、安全性、经济性、可维性、环境适应性、电磁兼容性、成熟可靠性、汉字能力和尽量国产化等方面。

在计算机硬件方面主要考虑对所用的服务器、客户机进行分类、分档并作出选型。服务器可分为数据服务器和应用服务器。数据服务器为应用服务器和客户机提供数据的集中存储、管理和共享服务,通常可配备中大型数据库管理系统。应用服务器为客户机提供应用服务。按照应用的不同,应用服务器可以进一步分成使命应用服务器、多媒体服务器、图形服务器、文电服务器、网络通信服务器、显示服务器和其他服务器。在客户机方面,按照用途的不同可分为普通工作站、图形工作站、多媒体工作站等。

在网络通信设备方面,由于各网络化信息系统一般都是建立在局域网上,可以通过点到点线路,或者通过路由器经由大型骨干通信网络实现与其他信息系统的互连,因此选型一般限于局域网内部的网络互连设备及对外的路由器设备。就局域网内部的网络互连而言,可能涉及到集线器、交换机、网关、网卡、网桥、线缆等多类型设备。网络通信设备的选择原则是:同一个系统内尽可能选用同一厂商的产品。在满足技术指标要求的情况下尽可能选用国产产品。

在基础软件选型方面,平台的结构可分为三层:核心层、基础服务层、应用支撑层。核心层处于平台最底层,由最基本的操作系统环境、窗口环境和平台集成安装工具等组成,为平台的其他层及基于平台的应用系统提供基础的系统服务,本层还负责与外部环境的接口。基础服务层的模块建立在核心层之上,提供为大部分应用都需要的基础服务,主要包括数据管理服务、通信服务、分布式计算服务和系统管理服务。应用支撑层处于平台的顶层,它与具体军事应用的关系更为密切。它提供符合平台标准和规范的共性军事应用软件及工具软件。而对于开发平台而言,在这三层之外,

还需要提供软件开发环境。这主要是一组编程工具、测试工具、维护工具、项目管理开发工具，为软件开发的全过程及软件的维护提供辅助手段。

在操作系统方面，操作系统是平台的核心和基础，为操作和管理目标系统提供服务。操作系统对平台的处理能力、系统管理能力和安全保密能力及平台的互操作性、可移植性、可伸缩性有极大的影响。所选用的操作系统应该是：符合相关标准、在当今和今后相当一段时间内操作系统的主流产品、符合军事信息系统应用实际情况的操作系统。

在数据库管理系统方面，数据管理软件的目标是为应用提供数据管理服务，对各军事应用间的数据共享提供相应的管理。数据库管理系统是提供这些服务的主要工具。所选用的数据库管理系统应该是：支持相关标准的数据库管理系统、支持开放数据库互连标准的数据库管理系统、符合军事信息系统应用实际情况的数据库管理系统。

在网络通信软件方面，采用相关的网络体系结构。通用信息处理平台选用的操作系统已提供了基本的网络通信服务。

在分布式计算服务方面，分布式计算服务支持分布异构环境下应用的协同工作，实现远程资源的透明访问。分布式计算服务软件为开发和部署分布式应用提供必要的功能，各种访问以标准化的API接口来实现。分布式计算服务软件提供分布式异构环境下各种软件的互操作性，增强软件的可移植性。

在系统管理软件方面，系统管理软件主要应用于端对端地管理分布式应用环境中的各种资源，使系统在安全、正常、可靠的环境下运行，并且各种资源时刻受到系统管理员的监控，一旦出现故障，系统管理员能及时发现并排除。系统管理软件能管理的资源包括：平台所选用的硬件平台、操作系统、数据库、网络设备、应用程序等。系统管理软件的功能包括：状态管理、配置管理、性能管理、故障管理及用户管理等。

在语言及编程环境方面,针对选型要求所选用的各种操作系统,分别进行语言编程环境(语言及语言设施)的选型。语言可以包括如 ADA、C++等。语言设施包括编译、程序生成等功能及有关的语言工具。

在 CASE 工具方面,CASE 工具的选型要综合考虑几个方面的因素:软件开发人员在工程中掌握使用开发方法的程度和软件系统的性质、开发人员软件工程化的实践经验、开发单位管理水平等,这些都会造成对 CASE 工具的选型要求不同。因此,CASE 工具的选型要根据上述因素选择集成化的、支持软件开发全过程的 CASE 工具或单一 CASE 工具,然后再根据采用的开发方法,选取面向具体开发方法的 CASE 工具。

8.6 网络、文电、图形、数据库技术

8.6.1 通信网络系统技术

在军事电子信息系统中通信网络分系统可由内部数据通信网络和话音通信网络组成。

数据通信网络由通信服务器、数据库服务器、指挥工作台、移动工作台、一些共享外部设备及各种数据网络设备组成。数据通信网络负责系统内部数据传输以及对外数据通信。在其上可以进行文电传输、实施通信指挥决策、召开内部视频会议等。

内部话音通信网络可由用户程控交换机、光端机、电话机组成。用户程控交换机可设在通信接口设备单元或装置上。如果系统装在载体上,各个载舱或车辆的光端机通过光缆进行连接。用户程控交换机负责通信指挥舱(或车辆)同其他舱(或车辆)之间话音交换,并通过中继线路与作战区域内通信网相连完成对外话音通信。

1. 系统中通信网络分系统的工作方式

(1) 系统在非移动状态下的固定工作方式中, 可通过固定通信网络系统与相关部门进行数据通信、话音、图像通信。

(2) 系统在移动行进中, 可通过通信接口装置与作战区域内的联合作战指挥部门进行话音通信和简单数据通信, 以保持机动过程中通信的不间断。车与车之间可进行数据通信, 也可不进行数据通信, 只保持勤务话音通信。

(3) 在移动停止、展开作业时, 舱、车对外进行数据通信、话音与图像通信, 系统全功能工作。此时, 车与车之间可进行数据通信、话音通信。

2. 数据通信网络拓扑结构和数据通信网络协议

(1) 数据通信网络拓扑结构

数据网络一般采用符合 IEEE 802.3 标准的 100Mbit/s (或更高) 交换网络技术, 设备占用 100Mbit 的交换通道。避免了传统共享网络中多个站点共同竞争 100Mbit/s 的带宽。媒体访问协议层可采用 CSMA/CD。通信指挥管理系统数据网络可以以某个车上的主交换机为中心的星型网络或其他形式的网络, 车与车之间可采用多模光纤作为传输介质。车内通信介质可采用超 5 类双绞线等。

(2) 数据通信网络协议

一般情况下, TCP/IP 网络协议体系已经成为计算机网络事实上的标准, 具有很强的异种机互连的能力, 有着良好的可扩充性和易升级性。TCP/IP 协议族既能很好地在局域网中应用, 也能支持广域网通信。同时 TCP/IP 支持当前应用比较广泛的各类网络操作系统, 另外 TCP/IP 支持 Oracle 等大型数据库管理系统以及各种新的开发工具以建立相关的应用。所以选择 TCP/IP 为通信指挥管理系统的网络协议较为合适。当然根据发展情况, 也可选择其他协议。

3. 数据通信网络安全与管理

支持安全登录、自主访问控制、审核、内存保护等安全特性，经过适当配置还可以起到网络层防火墙功能。

对重要设备可进行容错与冗余设计，在线式不间断电源保证系统的安全供电；重要网络设备（如交换机）与传输介质要有备份；指挥车之间可以采用光缆作为传输介质以防止电磁泄漏。

系统需要具备防病毒能力和将服务器的数据备份到可移动介质中的能力。文电数据传输需要进行加密和数字签名。网络系统监控软件能够对计算机网络设备进行状态监视。

移动系统的指挥方舱或车辆可拥有一台交换式以太网集线器，通过光纤实现互连；通信接口装置通过路由器实现通信指挥管理自动化系统局域网与其他网络的互连；舱车上的其他设备通过（比如5类）双绞线连接到各自的集线器上。车与车集线器之间要有冗余的光纤连接端口，当其中一个端口发生故障时，则依赖冗余端口连接。

8.6.2 文电处理系统技术

军事电子信息系统的文电处理系统可采用“存储—转发”方式传递和处理信息，它是一种快速、高效、安全、可靠的信息传输处理手段。它是集文书处理、数据库管理、计算机网络及通信为一体的综合传输手段，提供了连接已有的各种不同类型的电子信息系统及其他通信业务的能力，提供了不同通信网络互相交换信息的途径。

文电处理系统也可采用MHS技术，它是一种符合CCITT和ISO联合制定的X.400系列标准的文电处理系统。在实际应用中，可以应用MHS技术（本文以此为例），也可以利用一个工程的通用信息处理平台所规定的文电处理软件系统来实现。

文电处理系统的功能如下。

(1) 基本功能

能起草编辑生成文电,生成符合使用单位要求的格式文电,并与相关指挥网中文电格式相兼容、配置统一字处理软件;可发送与接收文电,主抄、抄送、签发、转发、回复、保密投递、加急发送、来电提示、阅读信件;具有文电管理功能,统计、分类、归档、存储、检索、复制、移动、删除、清理、文电汇编。

(2) 特殊功能

通播、多址散发、回执报告、自动转发、探询、限时接收、延时发送、随寄文件。

(3) 用户界面及本地功能

手写体识别输入、印刷体字符识别输入、中西文窗口界面、语言合成输出、在线帮助、通信录管理。

8.6.3 图形图像系统技术

1. 图形图像分系统功能结构

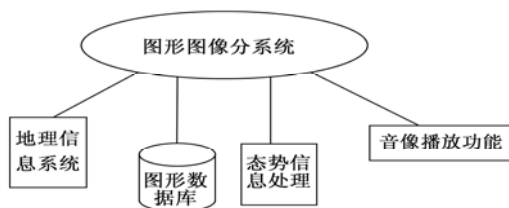
系统中的图形图像分系统主要职能是为部队的指挥、管理和其他业务工作提供所需的数字地图、作战区域的地理环境信息、态势图及相应的生成与管理技术,还解决数字地图与态势图的传输、存储和输出等技术问题,并且系统还提供基本的视频演播能力。本技术分系统主要组成部分如图 8.3 所示。

地理信息系统负责态势图生成所需的基础地图数据的录入与管理;图形数据库负责存储、维护和管理态势图所涉及的各种信息,二者均服务于态势图的生成与管理。态势信息处理与态势图的生成是图形处理的最终目标。

系统还需要配备基本的音像设备(如录像机、VCD 机),以进行音像制品的播放。

在本分系统中,地理信息系统的职能是在一定的计算机软、硬件环境支持下,完成对通信指挥管理自动化系统作业所需的各种地

理信息数据的存储、检索、运算、显示和综合分析，为态势图、三维电子沙盘功能提供支持。



2. 图形数据库

图形数据库的职能是存储与管理图形处理分系统内部与态势图生成有关的各种信息要素，实现系统所需的各种类型和比例尺地图的空间坐标数据及相关的属性数据的存储与管理。它是图形处理分系统与其他业务分系统进行信息交换的主要接口，即其他业务分系统通过对图形数据库进行访问、检索，获取所需的地理信息数据、数字地图数据和态势图数据等。

图形数据库按照信息处理的种类，可分为地理信息数据、数字地图数据、军用符号数据和态势数据。

3. 态势信息处理

态势图是标有态势信息的军用地图、略图等，而态势信息是能反映军队部署和行动所形成的架势的军队标号、汉字、图形、符号、代码及数字等。态势图的生成过程就是如何准确快速地将态势信息标绘在电子地图上的过程。

4. 态势信息的获取

本分系统生成态势图所用态势信息主要来自以下几个方面：

- 高层指挥部门形成并传输过来的态势报；
- 其他同级通信指挥管理部门数据库中检索得到的态势报；
- 辅助决策推演出的态势结果；
- 长官和参谋人员作战想定等。

5. 态势图标绘、编辑与传输

提供灵活的标绘方法，对于已标绘的军标，可以在图上将其拾取选中，进入编辑状态，军标编辑有删除、移动、旋转、缩放、复制、修饰操作。修饰操作包括改变图形的颜色、线形、线宽、填充样式、衬色等，对于线面状军标，用鼠标移动军标的控制点以改变军标的局部或整体形状。

态势图传输的主要功能是将需要传输的动态和静态态势信息及态势说明自动生成态势报，并通过文电系统进行接收和发送，在各相关指挥单元之间传递。

另外，还应提供各种地形图和态势图的硬复制输出功能，可以选择输出幅面的大小，可以进行地形图和态势图部分区域的打印和全图打印，也可以分页打印。

6. 电子沙盘与三维地形分析

三维电子沙盘的功能是利用高程数据进行三维地形建模，形成电子沙盘。可从不同角度、高度或者叠加地物和态势军标进行显示或以二维地形联动显示三维地形；用漫游、推镜头控制三维地形的显示以进行动态观察；进行三维的剖面分析及三维通视分析。

7. 图像处理技术

系统的图像处理功能可以包括模拟及数字图像的播放、存储、投影显示等。

8.6.4 数据库系统技术

1. 数据库体系结构

在移动系统中,数据库建立在载体的数据库服务器上,系统所有数据在此处进行统一管理。数据库由作战数据库、图形数据库、文电汇编数据库几个部分组成,为指挥和辅助决策提供数据支持。另外系统数据库需要与相关的其他数据库以及高层次作战部门的数据库进行数据交换,这需要通过通信接口单元连接其他远程通信网实现。

系统数据库的建立要保证数据的完整性、一致性、可靠性、安全性。通过实体的约束机制、数据库存储过程、触发器机制可以实现数据完整性;通过表的引用约束、事务控制可以实现数据一致性;通过服务器双机热备份及软件容错技术实现高可靠性;数据安全是通过系统权限、对象权限的控制实现的。建立安全审计机制可以统计一定时期内对数据库的访问者及其所做的操作。

2. 数据库信息分类

数据库系统包含有指挥和辅助决策提供数据支持的各类数据,还包括图形数据库、通信工作文电汇编数据库。具有包括语音、文字、数据、图形、动态与静态图像等多种表现形式。

(1) 作战指挥数据库

其包括如下方面的数据:

① 部队情况数据库

- 部队一般情况信息;
- 主要长官情况信息;
- 人员编制及实力情况信息;

- 装备编制及实力情况信息；
- 部队动态情况信息。

② 通信保障数据库

- 现有通信资源：通信台站、设施、通信组织、编制人员；
- 现有通信装备：含所关心范围内各种通信装备型号、名称、主要战术技术指标、服役、库存、调拨情况等数据；
- 通信网数据：含主干线通信网等监控数据；
- 通信文档资料：抢险救灾和处置突发性情况预案、各种情况下通信保障方案的模拟拟制等数据。

③ 作战标准及战术计算

- 作战标准及原则；
- 战术计算公式等。

(2) 图形数据库

图形数据库包括电子地图库和地理信息数据库。其中，电子地图库存储数字地图数据和态势图数据；地理信息数据库存储几何形状信息和地理属性信息。

图形数据库的分类、编码和格式应与使用单位规定的有关图形数据库标准一致。

(3) 文电汇编数据库

通信工作文电汇编数据库保存通信指挥管理自动化系统归档的各类文电，数据的分类、编码和格式应与使用单位规定的综合数据库系统的有关标准相一致。

3. 与其他分系统接口及对外关系

数据库分系统与其他分系统的接口方式有两种：一种为直接程序接口方式，利用应用编程接口，其他分系统直接访问数据库；另一种为功能模块调用接口方式，其他分系统通过调用数据库分系统的软件来访问数据库。各分系统可以采用其中一种，也可以两种方式都使用来实现与数据库分系统的接口。

8.6.5 多媒体与视频会议系统技术

在系统中,视频会议系统分为两个部分,即会议电视系统和桌面视频会议系统。

1. 会议电视

会议电视系统可采用符合 ITU H.320 建议的产品,在指挥系统中可设一个多点控制器(MCU)和一个操作控制台,该 MCU 是其他作战部门会议电视系统中的一个节点,参与整个作战系统召开的电视会议。

会议电视系统可提供主席控制模式、导演(管理员)控制模式和音量控制模式。系统接口包括 E1、V.35 等,最大速率 2Mbps,通信线路为 E1、ISDN 或 DDN。

会议终端包括编解码器(CODEC)、视音频分配器、彩色电视机、摄像机、云台及云台控制器、麦克风、音箱等。

如果 MCU 与本地的会议终端超过 300m,或远程终端与通信终端(如光端机)之间超过 300m,可增加一对高速数字用户环路设备,该设备可将距离扩展到 3000m。

2. 桌面视频会议

桌面视频会议系统是基于局域网建立的,其产品标准符合 ITU H.323。系统的每个部位可设一个桌面视频会议终端,该终端和指控台(席位模块)相结合,以系统局域网为依托,在指控台的基础上配编解码器(CODEC)、摄像头、拾音器等,与数据传输共享网络资源,提供数据、文件、图形、图像和白板等功能。

桌面视频会议系统可设置一个 H.320/H.323 网关,实现与会议电视系统的互连。

8.7 系统监控技术

8.7.1 系统监控

系统监控可采用通用信息处理平台中的系统监控软件来实现对本系统内部设备工作状态进行收集、登记、报警、处理，并为系统提供统一的定时信息及确定本级指挥所的地理位置。系统监控的主要功能有：网络管理、配置信息管理、性能管理、安全管理、系统控制、日志管理等。

系统监控能够自动搜索本系统局域网的各种设备，并能够形成网络结构图；对网络设备、终端设备的工作状态进行实时监控并反映到网络结构图中；能够查询网络设备的配置属性，如接口情况、网卡信息、IP 地址等；能够查询终端设备的资源信息，如 CPU 类型、内存大小、硬盘容量等信息；能够进行网络性能及系统性能的监视，如每秒钟的包数、线路的利用率、CPU 的利用情况等；能够对终端设备进行远程控制，如系统用户管理、强制开/关机、前端进程的控制等。监控软件对各类设备上报的和监控软件主动查询到的各种状态信息进行汇总，其后可进行声文并茂的显示或打印。

监控方式分为自动报告和查询两种；监控信息表示方式有屏幕显示，打印输出。监控信息查询响应时间要尽量短；自动报告频度可调。

8.7.2 定时、定位

根据系统在机动情况下工作的特点，应配备 GPS（全球定位系统）定位设备，把系统的位置信息向上级报告。用 GPS 时钟设备将标准时间（或作战时间）送到监控软件，由监控软件向所辖设备传

送时间信息。时钟设备同时可以带若干个子钟，子钟分布在各个工作单元内。

8.7.3 系统监控软件

系统监控软件可定时或随时向各设备发送查询命令和监控命令，通过各台位上的公共监控软件，接收各设备送来的监控信息。并完成系统的时统功能。能够动态显示系统在规定范围内的拓扑图以及设备状态图。

系统监控软件由网络管理、配置信息管理、性能管理、安全管理、系统控制等功能模块组成。

8.8 系统安全保密技术

8.8.1 信息系统中的安全保密技术

对军事系统而言，若不重视系统的安全保密就相当于告诉敌方自己的具体作战实施方案和作战情况，从而造成使敌人知己知彼，使自己处于被动挨打境地。解决信息安全的根本途径是对存储的和传输的信息进行加密，使非法用户读不懂信息内容。需要研究和开发的主要技术有：

- 高安全性的加密算法技术；
- 信息系统执行程序中防跟踪安全技术；
- 加密算法动态可变体制和生存周期短的密钥技术；
- 控制外部访问及保护内部机密数据的防火墙安全性保证技术等。

8.8.2 电子信息系统的安全保密

1. 系统安全服务

系统安全可采用通用信息处理平台中数据库内加密软件和数据库外加密软件来实现,以使对综合数据库内表中的某些涉密信息进行动态加密/解密,对综合数据库中的文件进行静态加密。此外,系统还可利用通用信息处理平台中的代理型防火墙软件来实现对内部计算机网络的保护和对外部网络访问的控制。其主要功能分述如下:

(1) 综合数据库内加密

- 加密项定义:定义综合数据库中的加密项,指定加密级别;
- 数据项加解密:对综合数据库中的字符型、数值型字段实施加密;
- 密钥管理:使用主密钥、表密钥、数据项加密密钥多级密钥管理,实现对数据项的一次一密。密钥管理即负责主密钥的修改、表密钥的设置和表密钥的修改。

(2) 综合数据库外加密

- 数据库文件加/解密:包括控制文件、参数文件和某些特定的数据文件;
- 审计:对加/解密操作进行审计管理;
- 监控(如 Oracle)服务器:能够判断(Oracle)服务器的运行状态;以避免加密操作在数据库运行状态下进行。

(3) 代理防火墙服务

代理型防火墙软件实现了基于相关(如 TELNET、FTP、HTTP)协议的防火墙功能。它使系统所有内部网络中的主机可以并且只能通过防火墙访问外部网络,而外部网络对系统内部网络的访问同样要通过防火墙的控制。

2. 信息传输安全服务

系统的信息传输安全保密可采用通用信息处理平台中的通用安全服务开发包和安全传输协议软件来实现文电传输处理、态势报及其他数据报传输处理过程中的数据完整性保护、数据机密性保护、身份鉴别等安全服务，其主要功能包括：

- 凭证管理：如安全凭证的获取和废弃、安全环境初始化等；
- 安全上下文处理：如对等应用实体安全上下文接收和删除、安全上下文初始化等；
- 信报处理：如对信报进行数字签名和加密、对验证信报进行数字签名和加密等；
- 辅助处理：如内存、名字、对象标识符的释放，形式转换等。

8.8.3 系统的网络攻防和新的信息对抗技术

信息系统的网络攻防技术属于安全保密范畴，也可划归信息对抗范畴。

网络的攻防也称网络的防卫与网络的进攻（或称攻击）。网络的防卫与网络的进攻是作战双方进行网络战的两种形式。二者是矛盾的对立统一体。没有网络的进攻就不需要网络的防卫。随着技术的进步和未来战争的需求，网络的进攻与防卫逐步走向更高阶段。

网络的防卫是指尽可能采用多种手段保护己方的网络系统，阻止敌方侵入己方网络系统进行破坏或者窃取己方的机密信息。作好网络的防卫要重视以下技术研究：

- 系统与设备的防电磁辐射（或泄漏）技术；
- 信息加密及网络反截获（敌人对己方信息截获）技术；
- 严密的网络系统监视及反突破（敌对己方网络系统的攻击突破）技术；
- 系统身份鉴别与控制访问技术；

- 网络系统的防病毒和滤毒技术；
- 多类型高效防火墙技术。

网络攻击（或进攻）是指通过网络进入敌方网络系统获取信息数据或破坏敌系统。主要研究的技术如下：

- 发现网络系统漏洞和利用漏洞实现网络攻击的技术；
- 截获敌方网络信息的新技术；
- 获取敌方网络入口方式及相关技术；
- 电子邮件炸弹和病毒制造及侵入技术；
- 对敌网络实施长期隐身侵入攻击技术；
- 反防火墙技术。

还要重视对新的信息对抗技术研究。其中主要有：

- 电磁脉冲炸弹和逻辑炸弹技术；
- 硅片嵌入及硅片细菌技术；
- 破坏敌方军事设施的相关恶性软件和病毒软件技术；
- 防电磁泄露的应用技术；
- 虚拟战支持技术等。

8.9 军事电子信息系统的装载车辆配置与装车集成设计技术

8.9.1 电子信息系统的装载车辆和设备配置结构设计

机动电子信息系统的载体中可由多个车辆或方舱构成，如指挥控制与值班车、信息处理与保障车、机动通信与接口车、油机车和人员机动车等。指挥控制与值班车、信息处理与保障车可用方舱，也可用其他种类的车型。

方舱结构适合于各种越野及载重汽车的装运，平时可不占用汽

车。一般情况下,指挥控制与值班车、信息处理与保障车可考虑采用大板式方舱结构方案,机动通信与接口车可采用厢式车辆。

1. 方舱与车辆设计中应当考虑的问题

主要包括:车体型号规格,方舱型号与大小,厢式车尺寸(长、宽、高),方舱的开门位置,方舱左右两侧可设置双层钢化玻璃窗(大小以满足自然采光为限,同时装防光窗帘),方舱与车开设紧急安全出口,自带方舱的吊装拆卸工具,方舱与车的颜色,方舱底部设置防静电橡胶板(防静电橡胶板和舱底之间要有良好的泄露静电电荷的通路),方舱与车的接地系统(采用交流地、信号地、保护地三套接地系统相互绝缘,最后一点接地,并设有地桩和大地相连。接地电阻有一定限制。车体与设备之间具有良好的绝缘性能),方舱与车辆照明(采用日光灯,并设应急照明灯),方舱与车配备一定功率的冷热两用空调,方舱与车一侧(如左侧)设交流电缆和信号电缆接口窗(窗外有孔口门,门有锁,门开启后有防水板。窗口应有良好的气密、水密性和良好的电磁屏蔽性)。机动通信车与通信接口车前部可安装无线电电台天线与GPS天线,几个车内驾驶室之间可设超短波电台或对讲装置进行联络,方舱与车配带进舱挂梯与登顶扶梯等。

2. 设备的安装要求与配置种类设想

(1) 设备的安装与紧固要求

方舱内计算机主机、台体、显示终端、键盘、鼠标、投影机、网络设备、Modem、电源、外设、桌椅等设备要有减震措施。

计算机台位的主机、显示终端、键盘、鼠标等设备的紧固要考虑易于拆装,因为在必要的时候可能出现“可搬移”工作模式。

投影机可置于台桌内手摇升降平台上,桌面开口,设活动盖板。

(2) 指挥、值班、信息处理与保障方舱内主要设备种类

舱内主要设备可有:指挥辅助决策计算机台位、综合显示计算

机台位、综合网络管理计算机台位、投影机与中屏幕显示设备、会议电视设备、业务处理计算机台位、通信装备、部队情况管理计算机台位、数据库服务器台位和通信网络服务器台位以及打印机、传真机、HUB、光端机、油机、空调、工作台、坐椅等。

(3) 机动通信车、接口车、人员机动车、厢式车辆内主要设备种类

车内主要设备可有：值班计算机台位、无线电监测计算机台位、卫星通信设备与短波/超短波通信设备，MODEM 池、打印机、传真机、HUB、光端机、油机、空调、对讲装置、便携微机等。

(4) 油机车。

8.9.2 电子信息系统的装车集成设计技术

任何车载系统功能和战术技术指标的达成，均应通过详细技术设计的实现和相关关键技术的突破来保证。车载系统综合集成工作中应重点抓好系统布局设计、安全性设计、供配电系统设计、环境控制系统设计、电磁环境设计、可靠性设计、防护系统设计等几个方面的设计技术。

1. 布局设计技术

布局设计的基本原则和要求如下：

- (1) 经常操作的设备安装在工作人员方便操作的位置。
- (2) 质量与体积大的设备应安装在下部（如蓄电池组）。
- (3) 设备的分布应满足整车质心位置、前后轴荷分配、横向与纵向稳定性等车辆安全行驶的基本要求。
- (4) 设备颜色应相互协调。
- (5) 满足电磁兼容要求和人一机—环境工程要求。

2. 安全性设计技术

车载系统安全性设计主要包括车辆行驶安全性、电气安全性和

防火防雷等。

(1) 行驶安全性

车辆行驶安全性应对整车重量、质心估算、前后桥轴荷分配，横向和纵向稳定性、抗风稳定性等方面进行设计和校核。

(2) 电气安全性

车辆在停止状态下使用时应通过专用接地系统实现良好接地，当接地不良时应有声光告警；车辆在电源壁盒处应设计有避雷模块、漏电（包括电压型和电流型）保安器、过压和过流告警保护装置。

(3) 防火防雷

应设计有感应雷电防护措施，电源线、信号线、天线馈线以及其他连线在舱体入口处应按具体要求安装避雷装置。另外还应有防火措施及设备。

3. 供配电系统设计技术

车载系统可采用直流供配电体制，在设计过程中应详细统计要装设备的功耗情况，计算出整车所需的直流功耗和最大交流功耗，据此选择合适的定型的发电机组和综合电源等设备，同时建立供配电系统连接实施方案。

供配电系统设计原则和要求如下：

(1) 车辆供电优先次序：为市电-电源车-发电机组或自发电机-硅发与蓄电池组。

(2) 停车工作时，优先由市电或电源车供电并通过车壁电源盒接入综合电源。此时也可由车载发电机组供电。

(3) 行进过程中，可利用车载发电机组或交流自发电机提供交流电，此时应直接接入综合电源。行进过程中不开启发电机组时也可由直流自发电机（或硅发）与蓄电池组共同为设备供电。

(4) 蓄电池组主要用于应急供电，实现直流输出不间断，支撑时间应不少于 30min。

4. 环境控制系统设计技术

环境控制系统设计主要包括舱体通风换气设计、取暖设计、降温设计和照明设计等几个方面。

(1) 通风换气设计

车载系统有电磁屏蔽要求时,通常设计轴流风机进行舱内通风换气。

(2) 取暖设计

舱内取暖设备可采用独立式燃油空气加热器(暖风机)、电加热器或冷暖双用空调,取暖效果应满足某规定时间内(比如30分钟)将舱内温度从规定的零下某度(比如 -30°C)上升到 0°C 以上的要求,同时舱内不应有异味和污染物排放。

(3) 降温设计

舱内降温设备可采用军用空调器,降温效果应满足当环境温度 40°C 时,按照规定的时间内(比如40分钟)内将舱内温度降低到不高于 30°C 的要求(比如夏季温度应能降到 28°C ,春秋季节应能降到 25°C);也可由底盘自带,降温效果应满足原车要求。

(4) 照明设计

舱内应配备常规照明灯、应急照明灯和防空照明灯,同时可根据需要配备移动应急照明灯。常规照明灯通常采用荧光灯或LED灯,应急照明灯应由舱内其中的一盏常规照明灯担任。

5. 电磁环境设计技术

电磁环境设计包括电磁兼容设计、电磁屏蔽设计和综合布线设计等几个方面的内容。

(1) 电磁兼容设计

在进行系统电磁兼容设计时,首先应详细分析电磁干扰方式、主要干扰设备及敏感设备、主要无线设备及干扰特性等,综合考虑运用设备布局及布线技术、电源系统设计技术、车内接地系统设计

技术、无线布局设计技术等,实现整个系统相互兼容。

(2) 舱体电磁屏蔽设计

舱体是抑制外部电磁波进入车内的最重要环节之一,其屏蔽效果好坏直接影响到车内各设备能否正常工作。在进行电磁屏蔽设计时,应综合运用舱体结构设计、屏蔽门设计、屏蔽窗设计、信号孔口板与电源孔口屏蔽设计、接地设计等相关技术,以满足屏蔽效能等级要求。

(3) 综合布线设计

综合布线设计与系统电磁兼容和舱体电磁屏蔽的设计密切相关。综合布线设计包括电源系统布线设计、信号系统布线设计和车内接地系统布线设计等方面。

6. 可靠性设计技术

可靠性是制约装备系统作战适用性、保障性和整体效能的重要因素之一。系统的可靠性指标与系统构成、系统任务及系统寿命等密切相关,通常分为系统的基本可靠性和任务可靠性。应根据假设条件建立基本可靠性数学模型和任务可靠性数学模型,进行系统基本可靠性预计和分配、任务可靠性预计和分配,必要时还要进行可靠性调整和分配,最终得出系统固有可用度,比较计算结果是否满足满足相关指标的规定。

7. 防护系统设计技术

车载系统防护设计包括伪装防护、抗打击防护、核生化防护等多个方面。

8.10 系统的供电保障设计技术

8.10.1 电源保障系统的要求和特点

机动电子信息系统一般在机动情况下工作。所以,这里主要考

虑机动式电源保障系统。

机动式电源保障系统的要求和特点如下。

(1) 电源保障系统随信息系统而机动

陆上车载系统中，其电源保障系统的要求相对较高。除按系统停在地面上某地点后能与当地市电接通供电之外，一般来说电源保障系统也是机动的或者随系统和设备的机动而机动。

(2) 电源保障系统的体积和重量要求小

由于机动系统其载体（车辆等）内部体积有一定限制，整个重量也有一定限制，因此其电源保障系统在满足指标要求情况下体积越小越好，重量越轻越好。特别是车载机动系统在通过道路、桥梁、涵洞等要地时，其体积、高度、重量受到限制。

(3) 电源保障系统的抗冲击、抗振动要求高

为了使机动中的电源保障系统随着机动载体在行进中的颠簸、振动、冲击及武器系统发射或被武器打击后系统受到较大振动冲击时仍能保持工作，它必须有较高的抗振动、抗冲击要求，是显而易见的。

(4) 环境条件要求高

由于是机动式系统，其温度（高、低温）范围、湿度范围、防水性、防潮性、防盐雾、防腐蚀、防尘性等根据不同系统的功能其要求也不同。一般来说机动系统要求比固定系统高。比如机载系统，可能在低空、中空或高空飞翔；比如车载系统可能这段时间在高寒地带工作，下一段时间机动到高温地区使用。所有这些都有个温差适应性问题。还有的动机动系统可在潮湿的或经常淋雨的南方工作，也有时工作在干旱地区或温差大的低湿的沙漠地带，也有的系统长期工作在江、河 海地域，条件都比较恶劣。

8.10.2 车载机动系统的电源保障

这里以车载系统为例来说明。

车载机动系统电源保障系统情况如图 8.4 与图 8.5 所示。

图 8.4 为机动车载指挥控制系统集中供电的电源保障系统示意图。它由一个公共集中的油机系统供电，另一个油机系统作备份。如果系统附近有市电时，还可以同市电相接。

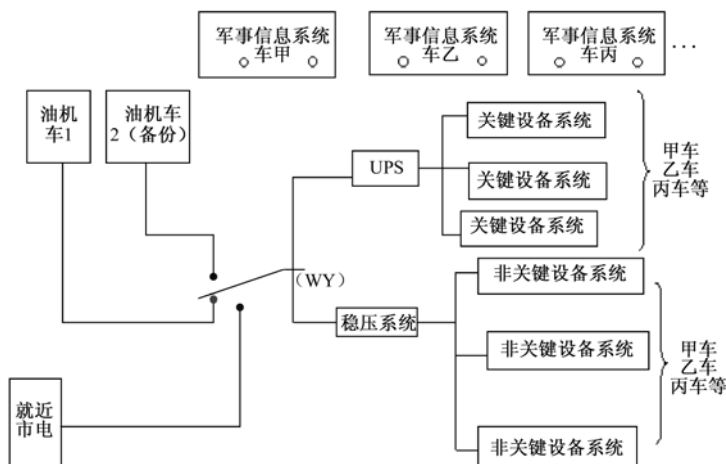


图 8.4 集中供电的电源保障系统示意图

图 8.5 为机动车载系统分散供电电源保障系统示意图。

本供电系统在每一个机动车辆中都由分散的油机供电，而且每个车中还有一个备份油机作为备用。同时也可以当附近有市电时采用与市电接口的方式。

是采用集中供电还是采用分散供电，要依据具体情况具体分析。集中供电所用的设备数量少，电源性能一致性好，但当电源保障系统被毁或故障后，整个系统都受影响；而分散供电系统与集中供电系统正好相反，当某一电源系统受损或故障后，只影响部分军事信息系统工作，其他军事信息系统仍然不受影响，但分散供电系统用的电源设备数量多，种类也可能多，电源性能的一致性不如集中式供电系统。

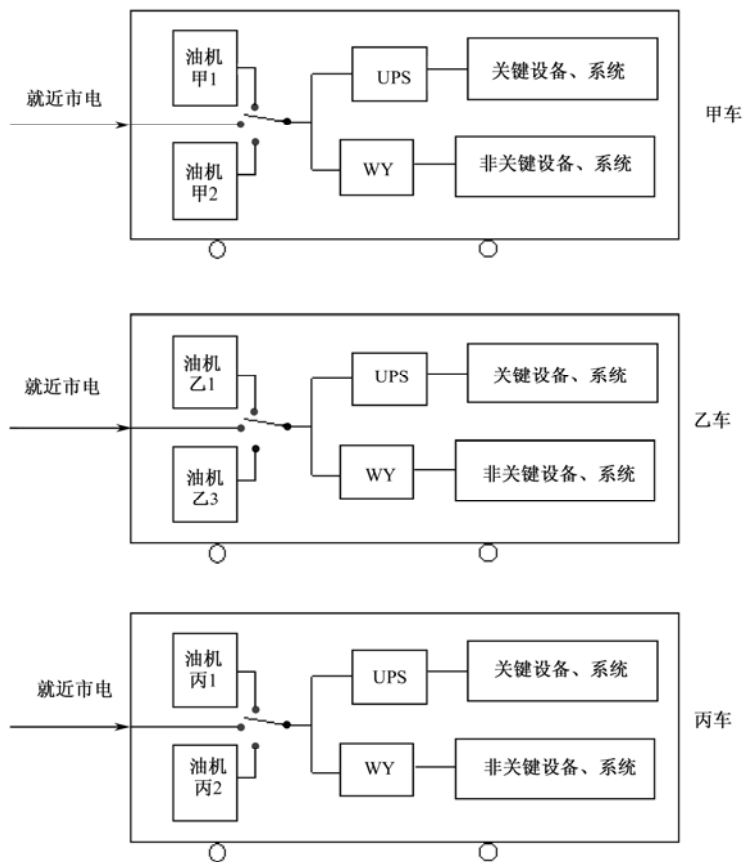


图 8.5 车载系统分散供电电源保障系统示意图

另外，系统用于特殊地方时，系统的电源保障系统具有特殊的要求：

- 长期在地下深洞处工作的系统，其电源保障系统要求防水性、防潮性较严格；
- 长期在沙漠地带工作的系统，其电源保障系统要求抗风沙、抗高温性较严格；

- 长期在高寒地区工作的系统,其电源保障系统要求抗低温性较严格;
- 长期工作在高温地带的系统,其电源保障系统要求抗高温性严格;
- 长期工作于沿海的系统,其电源保障系统要求防盐雾、防潮、防水、防腐蚀性比较严格。

系统中,电源保障系统有很多技术需要研究,其主要技术有:

- 系统中智能化电源保障技术;
- 系统中长寿命电源保障技术;
- 电源保障系统的最优(最佳)供电技术;
- 电源系统中高性能蓄电池制作技术;
- 智能化电源开关、保护及电源保障系统的滤波抗干扰和防辐射技术;
- 电源系统特别是机动系统中电源的接地技术;
- 机动系统中小型化、模块化电源保障实现技术;
- 机动系统中载体上的电源保障与市电快速连接技术;
- 机动系统中抗冲击、抗振动的电源保障实现技术;
- 机动系统中抗高湿电源保障实现技术;
- 机动系统中适应大温差的电源保障技术;
- 机动系统中防盐雾、防霉菌、防腐蚀电源保障实现技术等。

第 9 章 军事电子信息化系统 的主要关键技术

军事综合电子信息系统中有许多技术和关键技术，比如在技术上要解决系统总体顶层设计技术、总体设计和集成技术、信息融合技术、决策支持应用技术、系统效能评估技术、机动中的通信保障技术、系统的抗毁性生存性技术、复杂电磁环境的影响技术、战场电磁频谱实时管理与电磁兼容设计技术、系统中的战术数据链应用技术、多系统多网络间的三互（互连、互通、互操作）及三化（模块化、系列化、通用化）技术等。这里只对部分技术和关键技术进行论述。

9.1 系统总体技术

军事电子信息系统总体技术包括许多方面。其主要方面有系统体系结构研究、系统指标体系研究、系统的互通性、系统需求分析等顶层设计技术。

9.1.1 系统体系结构

从 20 世纪 90 年代开始，世界已进入第三次军事革命时代。这次军事革命的核心是争夺“信息优势”和“决策优势”，其基础就是 C⁴ISR/IW。美国为了使各军种、各军事总部、各部门所开发的信

息系统能够无缝连接和互操作,在联合构想 2010 (JV2010) 的总思想指导下,1996 年发布了联合技术体系结构 (JTA)。同时于 1996 年、1997 年、1999 年先后发布了 C^4ISR 体系结构框架 (CAF) 第一、二、三版。CAF 与 JTA 二者定义的标准基本相符。 C^4ISR 体系结构分为作战体系结构 (简称 OA)、系统体系结构 (简称 SA) 和技术体系结构 (简称 TA) 三部分,有的称为“3A”。 C^4ISR 体系结构框架用于保证作战、系统和技术体系结构组成部分能协调一致地工作。作战体系结构主要指作战要求和战术技术特性。主要由军方论证、仿真和拟定;系统体系结构主要由承制方论证、仿真和确定,必须满足作战体系结构要求和技术体系结构标准的为工程实现而执行的具体规范、标准及统一性要求;技术体系结构主要指军方和工业部门共同确定的信息、作业、接口、安全等强制性标准等。综合军事信息系统 (或 C^4ISR) 的体系结构必须保证现代高技术战争的需求。

作战体系结构定义了信息类型、信息交换频度,并用来说明信息交换所支持的任务等。

作战体系结构研究的主要内容包括:作战概念图、指挥关系图、活动模型、信息交换需求、需求能力矩阵和基本节点连接能力模型。

系统体系结构定义了关键节点、电路、网络、武器平台等的物理连接、位置及标识,规定了系统的组成和性能参数。

系统体系结构研究的主要内容包括:确定系统的组成和各组成部分的连接关系;定义系统的约束和行为边界、绘制系统信息交换关系的叠加图;定义系统接口、绘制系统要素/接口图;给定系统的功能要求和系统的性能参数,预测系统满足作战需求的能力。

技术体系结构定义了指导系统部件和构件配置、相互作用、相互依赖的最低限度的一套规则,用来保证系统的一致性。它必须识别确认服务 (作业)、接口、标准及它们之间的关系。

技术体系结构研究的主要内容包括:信息处理标准、信息传输标准、信息建模和信息标准、人机接口标准、信息系统安全标准和

其他标准规范。这些标准对于技术体系结构的建立是强制性的，是必须执行的。

系统体系结构是以技术体系结构中规定的标准和协议来满足作战体系结构的需求而构建起来的。确定作战人员的需求、提出各作战要素之间的信息处理与交换关系，是作战体系结构对系统体系结构或技术体系结构的要求；确定一系列服务于系统的强制性标准、规则是技术体系结构对作战体系结构或系统体系结构的约束及影响；在已确定的强制性标准基础上叠加系统的能力和作战人员的要求所需要的软件/硬件设备，组成系统的完整体系、划清系统的边界，形成系统体系结构。

在“3A”中，其数据分为两类：一类是体系结构数据（如作战使命与任务，作战要素和信息流等），另一类是作战信息数据（如敌我双方的部队编制和配置、作战环境与作战背景、当前态势信息等）。两类不同信息和实体关系构成了两类不同的数据模型，即体系结构数据模型和作战信息数据模型。而在 C^3I 系统中数据模型和数学模型是密不可分的。数学模型是数据模型的一部分。因为数据模型是描述数据与数据要素之间关系的方法，通常是根据实体和关系对数据进行描述，是属于系统信息管理范畴的问题。而数学模型是描述系统内部事物、事件变化过程的方法，它是计算机处理数据、推演数据和导出新数据的过程，是属于系统功能和业务范围的问题。应当指出， C^4ISR 体系结构中的“3A”是其骨架，而数据模型和数据词典才是系统的精神命脉，两者的结合才构成其躯体。数据词典就是在这种统一化、标准化和系统互操作性的前提要求下建立起来的。在数据词典系统（DDDS）建立之后，开发新系统的关键问题就是如何建立系统的数据模型，只有这样才能真正实现系统间的互操作。为了实现系统间的互操作，还规定了一系列标准。如：联合技术体系结构建设规范，信息处理标准，信息传输标准，信息建模和信息标准，人机接口标准等。

军事电子信息系统经历了 $C^2 \rightarrow C^3 \rightarrow C^3I \rightarrow C^4ISR \rightarrow C^4ISR/EW \rightarrow$

C⁴ISR/IW, 直到现在的 C⁴ISR/IW/SS 和 IC⁴ISR 发展的诸阶段。已出现将信息优势和空间并提的特点。今后相关国家都会研制出适合自己国情、军情的 C⁴ISR 体系结构框架及其相应的产品。

9.1.2 系统指标体系

系统的指标体系是衡量系统能否满足系统要求的标准和尺度, 是系统设计与开发的依据。因此在系统研制开发的开始阶段必须对系统指标体系进行研究、分析和评价, 以确保确定的指标体系能否满足实际需求或军事需求(在这个阶段通常采用的方法是系统模拟与仿真)。对系统指标体系的研究和确立是信息系统研究、分析、开发与评价的重要课题。

一般来说, 系统越复杂, 功能越多, 系统指标体系就越庞大, 系统指标层次就越多。比如陆军野战机动综合电子信息系统的指标集就是一个多层次的指标体系结构。系统完成的主要功能和要求为:

系统具有信息搜集(获取)、信息传输、信息综合与处理、业务处理与参谋作业、信息显示、辅助决策、系统监控、定时定位、交班值班、指挥控制等功能。

系统具有快速反应能力(如系统机动性要求、获取信息的时间要求、信息的传递时间要求、信息的处理时间要求、信息的分发时间要求、辅助决策的时间要求、系统的展开与撤收时间要求等), 系统具有生存能力(如系统与设备的可靠性具体时间要求、系统与设备维护与修复的时间要求、系统安全保密的具体要求、系统对环境的具体要求、全天候工作能力的要求等), 系统具有互连、互通、互操作能力(如通信线路与交换方式要求、通信时延要求、信息种类与信息格式种类要求、通信容量要求、误码率要求、其他信息传输质量要求、人机交互及界面的具体要求等。)

系统指标体系确立的原则(或准则)如下:

- 指标的客观性: 指标是客观存在的, 不因人而异, 能逼真地

与信息系统发生联系；

- 指标的适应性：指标同选用的标准和分析目标相一致；
- 指标的包含性：选择的指标应覆盖分析目标所涉及的范围；
- 指标独立性：系统中各指标反映系统不同因素，指标间相互独立；
- 指标的面向任务性：不同的任务具有不同的指标；
- 指标的定量性：指标能以具体的数值或大小给出；
- 指标的可测量性：有的指标可以估算或计算；
- 指标的简明性与可理解性：指标能方便地进行系统分析、设计，便于研制开发人员和管理人员准确理解和接受，便于形成共同语言。

9.1.3 系统需求分析研究

系统需求是系统总体研究的重要组成部分，直接关系到系统功能、性能和整体效能的发挥。系统需求决定系统的功能与体系结构，是系统建设的起点和依据。联合战役在指挥方式上与以往作战相比发生了很大变化，对系统体系结构也发生了很大变化。只有把联合作战对指挥自动化系统的需求研究清楚，才能使建设的系统符合作战需要。根据国外权威机构的调查，系统项目研制失败原因的 45% 是与需求工程相关的，而其中缺乏最终用户的参与和不完整的需求是两大首要原因。

从某种意义上讲，没有一个十分清晰的“需求”术语存在。真正的“需求”在人们的脑海中，任何文档形式的需求（如需求规格说明）仅是一个模型，一种叙述。关键是用户与系统开发者在描述需求的那些名词理解上要达成共识。IEEE 对需求作了如下定义：

（1）用户解决问题或达到系统目标所需的条件。

（2）为满足一个标准/协议/规格或其他正式制定的文档，系统或系统构件所需要满足和具有的条件或能力。

(3) 对上述条件的文档化描述。

这个定义包括了从用户角度（系统的外部行为）和开发者角度（一些内部特性）来阐述需求。从用户角度来说，需求就是“从系统外部能发现系统所具有的满足用户的特点/功能及属性”。它强调产品是什么样的，而并非产品是怎样设计和构造的；从开发者角度来说，需求就是“指明必须实现怎样的规格说明，它描述了系统的行为\特性或属性，是在开发过程中对系统的约束”。

系统需求的特点：

(1) 获取指挥自动化系统需求是非常困难/复杂和代价高昂的事情，原因如下：

- 系统功能一般都很强大，需求难以想象和获取；
- 系统涵盖了传统的人工活动，难以描述；
- 系统涉及的任务经常带有很大的可变因素；
- 系统一旦设计完成往往需要人和机器混合执行。

(2) 用户知道需求，但难于表达清楚。

(3) 用户本身不能确切知道他们所要的需求是什么。

(4) 用户表达的需求与研制系统的人员所理解的需求往往不一致。

(5) 系统已经开发了很长时间或者已经完成，但用户的需求又有了新变化等。

9.1.4 系统的互通性技术

系统的互通性是指与其他信息系统的网络互连、信息互通、用户互操作。必须有统一的公共操作平台、统一的界面形式、统一的接口标准、统一的信息交换格式。实现信息系统互通性的技术主要有：

- 系统的体系结构和公共操作平台；
- 信息系统相关信息格式、规范定义；
- 信息系统数据开采和数据库标准规范及数据共享；

- 多分系统接口标准及规范；
- 信息系统互连、互通、互操作的测试。

9.2 信息系统中的决策支持应用技术

现代战争指挥决策是关键，信息是基础。要求信息采集、传输、处理、显示快速化、准确化、直观化。在技术上要有高水平的辅助决策系统支持，要有方便的人机界面和直观清晰的战场态势的综合处理与显示，对作战效果及时评测，对系统效能及时评估。美军已做到几分钟就可以评估毁伤效果。依评估结果再决定进行新的打击和采取相应对策。还要重视精确定位技术研究。现在新一代 GPS 系统定位精度达几米，今后将达到小于 1 米的定位精度。要加大大情报侦察、预警探测、通信、计算机处理等多层次多手段研究力度，使信息采集、传输、处理、决策一体化。

9.2.1 军事决策支持系统发展情况

军事决策支持应用技术是国防信息化系统的关键技术之一。决策支持系统（DSS）是在管理信息系统（MIS）基础上发展起来的。它是系统工程、数据库技术、人工智能技术、运筹学、计算机技术、管理科学等的综合学科，是一门软科学。DSS 自 20 世纪 70 年代出现以来发展十分迅速，且很快被西方国家的国防部门和大型企业所采用。从而逐步形成了现代管理学中的新型学科——战略决策支持系统。他们利用决策分析方法得出国防发展战略的决策程序。其决策程序分为两部分共八个步骤，即国防发展战略制定阶段和实施阶段各四个步骤。

前者分为：

- ① 国内外形势分析研究的数据库系统；

- ② 确定战略目标、预测未来战争的作战模拟模型库系统；
- ③ 拟定评价、选择可行方案的决策系统；
- ④ 制定中长期规划的规划系统。

后者分为：

- ① 确定单项计划与年度计划的计划；
- ② 确定年度计算的计算系统；
- ③ 制定行动计划、实施信息管理的管理系统；
- ④ 实施监督、控制和调整的监控系统。

实际上美国国家的一些重大决策（包括军事战略决策）除了总统个人的判断之外，主要依靠的是高级智囊班子。这个智囊班子实际上是为美国最高级人员进行辅助决策的一种形式。对于决策分析支持系统（或运筹分析系统）的认识和应用无论国际、国内都有个过程。一般有受宠——冷落——青睐三个阶段。第一阶段大家听了宣传都认为好，这是初级阶段；第二阶段由于未能很快见诸理想的功效有人开始责备，于是开始冷落；之后有人下工夫扎扎实实地做一些切实有效的分析工作并取得成果，大家才开始信服，这时不断会有人找上门来而不是你去找别人，这就是第三阶段。美国的参联会、国防部及三军均有负责高层次决策分析的机构，并有一系列用于兵力结构论证、作战能力评估、危机对策分析、政治军事博弈。国防规划计划、预算等高层次决策用的辅助系统。近年来美国在海湾战争、科索沃战争中都广泛成功地应用了决策支持系统为其服务。

自20世纪80年代以来，我国在军事系统工程的理论、方法、作战模拟系统、军事专家系统等方面进行了大量的研究和探索，并取得了一些成果。然而，决策支持系统在应用效果上不尽人意，且主要偏重于中、低层次的部分应用。在这个领域我国同先进国家相比还有一定差距。今后我们应该在开发研究高层次宏观决策系统方面及现正使用的决策系统实用化方面下工夫。

9.2.2 军事决策支持系统的职能、组成和决策过程

1. DSS的职能

DSS 的首要任务就是为决策者提供必要的信息并协助其对这些信息进行分析。而将决策留给决策者去做。使决策者真正感到决策支持系统是决策者自己的得力助手和好参谋。即决策支持系统的作用不是提供决策结论,而是提供信息和协助分析。分析的结果也是为了提供具有综合性规律的信息。决策支持系统的出发点和处理方法不是判断和评定军事人员决策的优劣,而是服务于决策者,是提供决策咨询的咨询系统。这样的咨询系统其主要功能应具备下列几条:

- 提供信息咨询;
- 提供比较分析;
- 提供方便并友好的人机界面;
- 决策支持系统对决策者是透明的。

决策支持系统的本质是通过数据库、模型库、知识库来实现对决策的支持。这也正是咨询系统的根本所在。

2. DSS的组成要素

DSS 一般由知识库、数据库、推理机、人机接口与决策者四部分组成。知识库具有短期的固定性、长期的灵活性及可扩充性。它是所需决策的作战领域内某些军事专家的经验和军事科学知识的集合。数据库具有动态性强的特征(由于作战过程的演进及数据的不断存取)。数据库中存放决策所需的敌我双方各种相关装备的数据,包括预先收集的和实时收集的并且存入的数据是经过筛选的、格式化的、甚至是预处理的。

推理机是一个控制机构。它根据指挥决策对象决定调用知识库及数据库内容来进行推理过程。推理有正向推理、反向推理、双向

推理及启发式推理等。推理机推理决策分大两个阶段，即“态势理解阶段”和“作战方案生成阶段”。

人机接口和决策者，它是借助人机交互功能体现决策者的能动作用，使之能指挥控制 DSS 过程。包括有信息的收集、信息的处理，人工干预决策过程，决策者根据自己的判断而批准、否决、审核、修改决策方案及方案择优等。

3. DSS的决策过程

决策一般分为三个过程。

第一，确定问题的所在，提出明确的决策目标。在此过程中应进行情况的收集、分析处理、研究决策条件及环境、分析确定对决策有主要影响的各方面因素。

第二，开发设计出各种可供选择的一些方案，并对这些方案进行分析或评价。

第三，对多个方案进行修正、判断、审核，决定执行的“最优”方案。

9.2.3 军事决策支持系统的开发方法

根据目前情况，军事决策支持系统的开发方法，最好还是采用快速原型法，而较难用软件工程的方法来开发。因为通常用户无法在系统建成前把需求完全说清楚，特别是大多数用户并不真正了解计算机系统能干什么，所以也就无法提出要求系统干什么。快速原型法是开发决策支持系统或咨询系统比较有效的方法。其过程如下：

- ① 先让决策者（或主体用户）提出一个简单的要求。
- ② 迅速设计出一个原型系统（有的只需几天，要以界面为主。）
- ③ 通过对原型系统的演示，使用户直观地了解到系统能做什么，不能做什么。从而提出进一步的更加精确的要求。从中也可让决策者得到启示，改进自己的决策。

④ 系统设计者也可通过原型系统的演示试用了解到决策者需要什么,不需要什么,习惯怎么干,不习惯怎么干,从而进一步掌握用户要求。

⑤ 改进原型系统,扩充功能。

⑥ 将改进的原型系统再提供给用户试用,再修改,直至用户满意为止。

这种开发策略使咨询系统从小到大,从简单到复杂,并且用户自始至终地参加系统开发,可大大激发用户热情。在实际原型系统开发设计中要把握住以下几点:

一是抓住“原型法”开发周期短的特点,其核心是“快速”。要达到“快速”一定要采用一些现成的开发工具,特别是商品化的管理信息系统和专家系统的开发工具提供使用。

二是要抓住原型系统的关键环节,要精练。只要使用户知道系统能干什么,怎么干,用户能得到什么即可。

三是设计的原型系统要有可扩充性。新的功能应很易加入其中,特别是数据库、模型库加入很方便。

9.2.4 军事决策支持系统开发设计中注意的问题

(1) 在实际决策支持系统的研制设计中,不要盲目地追求技术的新颖性和结构的完整性,这是决策支持系统产生实效的障碍。必须是问题的导向,而不是方法与结构的导向。

(2) 系统的成功开发设计必须从简单入手,从实际出发,一个功能一个功能地实现,必须使用户或决策者尝到甜头,感到系统确实起到助手作用,然后再实现更高的功能。一般应从数据库入手(含文献库),因为数据库技术上比较成熟,开发工具较多。然后再逐步扩展到更高功能,比如分析、评价、优化。

(3) 在系统构造上强调三库(数据库、模型库、知识库)。这是系统最基础的工作。在此基础上再建立管理系统、建立人机交互

界面。因为只有强调建好基础的三库，才能对决策者真正起到咨询作用。

这里的数据库（含文献库）是为决策者提供信息的基础。包括综合性数据及与本问题有关的专业性数据、与本问题有关的重要文献等，其功能除具有一般检索系统功能外，还具有对文献内容关键部分进行查询的功能。

模型库协助决策者进行统计分析、方案比较等。其主要作用一是对数据库中基础数据进行加工处理为决策者提供综合信息；二是按决策者提供的原则对现有方案进行优化，以提出改进方案的咨询意见。

知识库主要存放本问题常涉及的一些规则，以便对某些问题通过推理获得一些推论。需指出的是，试图给出求解整个问题的知识是不现实的，这里仅是某些个别问题的子问题的知识集合。另外，人机对话系统，它是实现决策者同系统交互的窗口。对用户而言，接口就是全部。它是用户能否接受 DSS 系统的一个关键。

9.2.5 决策支持专家系统发展方向与关键技术

1. 决策支持专家系统向智能方向发展

传统的决策支持系统（DSS）采用各种定量模型，对半结构化和非结构化决策问题提供支持。由于 DSS 需要决策者参与，采用人机对话手段，通过模型操纵数据，实际上支持的仅仅是决策过程中结构化和具有明确过程性的部分。随着决策环境日趋复杂，DSS 在决策支持中的局限性也日趋突出。智能决策支持系统（INTElligence DSS, IDSS）是在传统决策支持系统的基础上发展起来的一种基于知识的智能化的决策支持系统。利用人工智能和专家系统技术在定性分析和不确定推理上的优势，充分利用人类在问题求解中的经验和认识，为解决上述问题提供了新途径。把专家系统技术应用到决策支持系统中，建立智能决策支持系统，可以克服专家系统和决策

支持系统各自的局限性，更好的支持管理决策服务。

2. 数据仓库技术引入决策支持系统

数据仓库技术是数据库与人工智能这两项计算机技术相结合的产物。利用人工智能中的机器学习、知识处理和神经网络等方法，从数据库中挖掘有用信息、发现知识，搞清楚数据库中大量数据之间的相互关联及众多数据之间存在的规律，可供使用者有效分析和利用数据库中存储的各种有用信息，帮助决策者迅速作出决策。随着网络规模的不断扩展，从大量数据库中提取（检索、查询等）生成策略的情况显得越来越重要，而传统的数据库系统已无法满足这种需求。数据仓库的多维特征能够满足 DSS 对数据的分析要求，并且克服了传统数据库的数据组织性差、利用率低的缺点，使 DSS 的发展跃上一个新的台阶，也为 DSS 开辟了一条新的途径。

3. 面向Agent的决策支持系统

Agent 技术源于分布式人工智能研究。Agent 的理论，特别是 Agent（MAS）的理论、技术，为分布式开放系统的分析、设计和实现提供了一个崭新的途径，被誉为“软件开发的又一重大突破”。Agent 是一个具有控制问题求解机理的计算机单元，它可以是一个机器人、专家系统、过程、模块或单元等。它具有自主性、协作性、分布性和自适应性，其智能特性表现为能够进行高级问题求解，可随环境变化修改自己的目标、学习知识并提高能力。

4. 关键技术

（1）辅助决策支持与专家系统的融合技术

智能决策支持系统 IDSS 把模型库、知识库（专家系统）、数据库、以及人机交互系统四者有机的联合起来，达到了定性分析的专家知识推理、定量的数据计算、数据库处理的高度集中，实现了辅助决策支持与专家系统的融合。

人工智能和专家系统技术不仅深刻影响着决策支持系统的技术与结构,而且对决策支持系统的概念产生了深刻的影响。近年来,几乎所有有关决策支持系统的研究都是围绕人工智能技术的应用展开的。专家系统与决策支持系统的结合直接体现在决策支持系统各个部件的智能化上,如与人机对话部件的结合,与求解方法的结合,与数据库、模型库和方法库及其管理系统的结合等,专家系统技术与决策支持部件的结合提高了各部件的功能,无疑会大大提高决策支持能力。随着研究的深入,专家系统技术已经渗透到 IDSS 的体系结构、问题求解等各个方面,对决策方法和过程产生了重要影响。智能决策支持系统的研究也逐渐由过去的决策部件功能扩展到部件的综合集成,由过去的定量模型发展到基于知识的智能决策方法,使智能决策支持系统研究的理论与方法逐渐成熟。

(2) 多库一体化设计技术

长期以来,在 DSS 研究中,受多库系统结构的影响,总是把数据、模型、方法与知识区别开来,分别建立各库及其管理系统。实际上,在决策过程中,决策者所能得到的无论是事实、规则、方法还是推理过程,都是决策过程中必不可少的知识,把这些作为知识统一管理,有利于系统结构的简洁和处理方法的一致,成为 IDSS 中知识研究的主流。

(3) 知识表示与获取技术

(4) 支持分布式规划的代理 (Agent) 技术

近年来,计算机硬件技术、软件技术、人工智能技术、并行计算机和分布处理技术的发展,为 Agent 和多 Agent 系统的研究奠定了一定的基础。在决策支持系统的研究方面,建立基于 Agent 的决策支持系统是一项非常有意义的工作,这表现在以下几方面: 1) Agent 具有智能,有自己的知识。多个这样的智能 Agent 协作使得多 Agent 组成的智能决策支持系统智能更高,这就如人类社会中一群人分工合作为共同目标奋斗的力量远大于单个人的力量。因此,基于多 Agent 的智能决策支持系统的智能性更高。2) Agent 具有学

习功能。因此基于多 Agent 的决策支持系统的智能会不断提高,系统会变得越来越聪明。3) 多 Agent 系统实现了知识的分布存储,解决了传统决策支持系统难于解决的问题。

9.3 信息系统的效能评估应用技术

9.3.1 概述

分析评估电子信息系统的效能具有重要意义。然而电子信息系统的定量研究是一项跨学科、跨领域的复杂系统工程,它有许多不确定因素,如数据贫乏、信息不清晰、主观判断、对失效及可靠性等定义的不确切等。许多因素不可能大量重复试验,系统效能又难于给出精确的计算公式,并且系统中包含着参与操作、控制、决策的人,而人的表现与行为又极为复杂。同时,电子信息系统效能评估还必须充分反映系统的动态过程。因此从宏观上分析系统的效能,量化分析难度很大。

为了对系统的效能进行评估,可有多种方法。比如“证据推理”方法。这种方法是一种重要的不确定性推理方法。它依据的数学方法是 D-S 证据理论(也称为信度理论)。主要特点在于其先验数据的直观性和易获性。其证据是专家经验和知识的一部分,是对系统所作观察和研究的结果。而证据理论中的证据合成法则所具有的证据聚合作用,为综合多个不同类型专家的意见提供了有力的工具。通过证据推理,可以简明地将一些“软”指标量化,并且专家的评判可以减少复杂系统中数据量化的困难,所以此方法可用于存在人为和不确定因素的电子信息系统中。当然,还可以用其他方法。

另外,信息系统结构复杂庞大,评估所涉及的要害数量和层次都很多,因此在评估方法上应该以该系统的技术性能为基础,建立起系统的效能评估体系结构。美军关于电子信息系统体系结构评估

的过程和方法如下:

美军开展对 C^4ISR 体系结构进行联合测试和评估,其基本过程包括明确工具和分析需用的数据、明确体系结构范围的风险、有选择地对高风险区域进行分析、提出体系结构的建议。体系结构评估包括下面的过程和方法。

(1) 通过数据挖掘,收集系统配置和风险信息。通过数据挖掘,有价值的知识、规则或高层次的信息就能从数据库的相关数据集中抽取出来,为决策提供依据,从而使数据库作为一个丰富可靠的资源,为知识归纳服务。

(2) 通过风险评估,对体系结构各种视图进行广泛的分析和综合。风险评估是指依据有关信息安全技术与管理标准,对信息系统及其处理、传输和存储的信息的保密性、完整性和可用性等安全属性进行评价的过程。它要评估系统面临的威胁以及威胁利用脆弱性导致安全事件的可能性。

(3) 通过多粒度分析,评估体系结构不同粒度层次上的功能和目标任务。

(4) 采用端到端测试试验方法,对物理的硬件和相应软件进行测试。

(5) 紧密结合作战使命进行作战目标和任务分析。

通过上述联合测试与评估,将得到的结果向权威机构联合特别工作组和联合部队司令官提出建立要改进的地方,最后加以实施。美军通过从体系结构设计开发,到联合测试评估,形成关于体系结构产品的完整链条。

实际上,系统效能是预期一个系统能满足一组特定任务要求程度的度量,是系统的有效性、可信性以及能力的函数,是在规定的条件下达到规定的使用目标的能力。系统效能评估方法是通过一些必要的技术性能指标,使用科学的建模和先进的分析手段与方法,衡量系统的综合能力,度量系统在给定条件下的效能,是系统研究、设计以及验证的重要手段。

系统完成特定使命的能力是通过系统的一系列功能来实现的，而这一系列的功能是通过大量的性能、指标来保证的，这些功能、性能、指标按一定的层次结构与关联关系有机汇集，就构成了系统完成特定使命任务的评估方法。即系统效能评估主要涉及两个方面的内容：评估指标体系和评估算法。评估指标体系是来源于系统的第一手资料，是系统评估的主要依据；评估算法是对系统指标进行处理，得出系统效能的计算方法。不同的指标体系对应不同的评估方法。一般用一、两个指标难以完整地、全面地评价系统的综合效能，因此必须首先确立一套相对完整的多目标多层次效能评估指标体系，在对这些主要效能指标逐一分析、评估的基础上，建立科学客观的关系模型，才能最终完成系统效能的评估。指标体系要满足一致性、可测性、完备性、独立性、客观性等要求。

目前，系统效能评估的主要方法有类比法、试验法、数学模型法等。其中数学模型法包括指数法、模糊评价法、灰色决策评价方法、Petri 网分析法、神经网络分析法、信息量分析法等。这些方法各有不同的适用范围与适用阶段，类比法比较适合于方案论证阶段，用于进行横向的设计指标对比；试验法需要具有原型系统，一般用于系统建设后期与验收阶段；数学模型法一般用于系统设计与建设过程中，通常与仿真系统一起建设。

9.3.2 信息系统效能评估方法

下面是用不同的评估方法对相关系统进行效能评估的实例。

1. 基于灰色模糊物元的装备保障效能评估

(1) 装备保障效能评估指标体系

评价指标体系是一个从多视角、多层次反映特定客体的信息系统，能否合理地确定评价目的、评价指标和评价策略是做好装备保障效能评估的关键。即使是同一评价对象亦可以有不同的评价目

的,从而导致不同的评价标准和评价方法。武器装备保障评价总的目标是评估系统的装备保障性是否满足使用需求,评估装备保障系统的功能,以便不断地修改完善,保证其与主战装备匹配、有效而经济地运行;评估系统的装备保障效能,降低装备的寿命周期费用,提高效费比。

装备保障评价工作的目的性主要由评价指标体现。由于装备保障涉及多种属性,所以,为了反映评价目标,需要明确评价目标体系。评价目标体系是评价指标体系的核心和纽带。图 9.1 给出了装备保障评价目标体系。对不同的装备,其目标会略有差别。

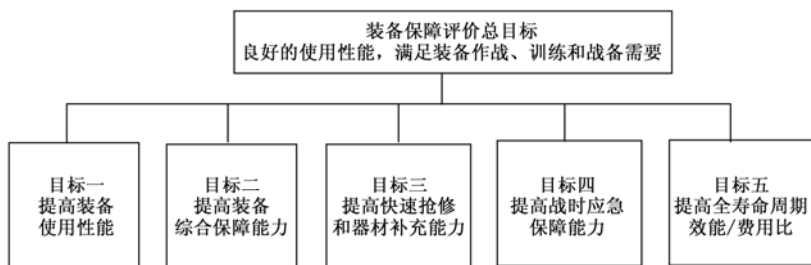


图 9.1 装备保障评价目标体系

评价指标是目标的具体反映。装备保障综合评估指标体系的确定应遵循系统性、准确性、实用性的原则。通常,装备保障评估指标有多种设计模式,根据装备使用和作战需求,采用如图 9.2 所示的指标体系。

(2) 装备保障效能评估系统建模

系统模型的建立是一个反复修改、不断完善的过程,应依据装备和使用实际,建立与实际装备相匹配的评估模型。根据装备保障效能评估需求,将灰色理论、模糊数学和物元分析方法相结合,构建了装备保障效能综合评估模型,并用层次分析法确定了权重系数。系统的建模步骤如图 9.3 所示。

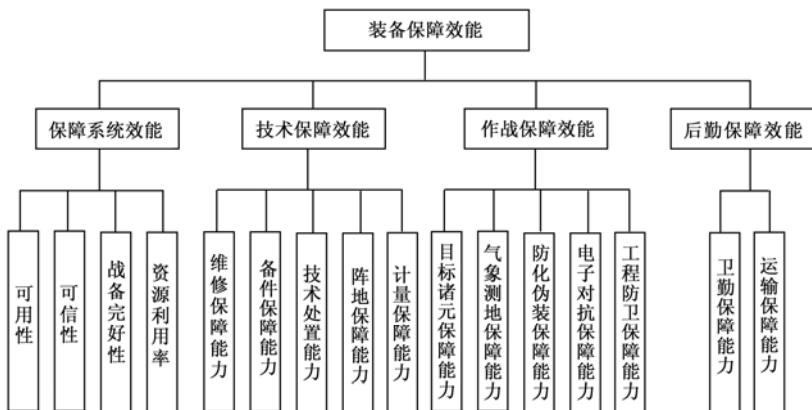


图 9.2 装备保障效能评估指标体系

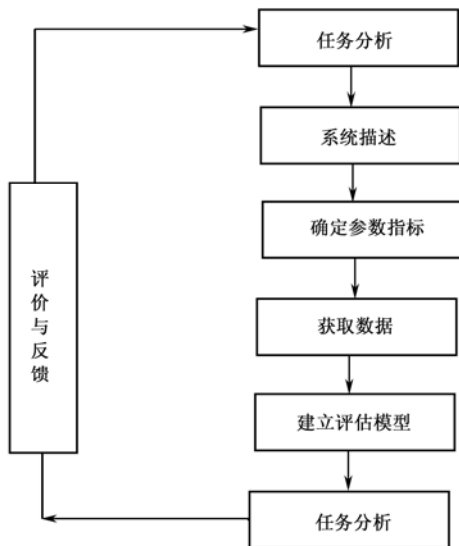


图 9.3 综合评估模型的建立流程

2. 基于AHP和灰色理论的通信系统效能评估

在评价指标体系的选取与测量时也只能获得非完全信息，指标之间无法满足独立性的要求，因此目前的数学模型法都存在评估不全面或不客观的缺点。

层次分析法（AHP）是一种定性和定量分析相结合的多目标决策分析方法，特别适合将决策者的经验判断给予量化，对目标结构复杂且缺乏必要的数据的情况。灰色理论作为研究“外延明确，内涵模糊”的理论，已经在许多方面得到广泛的应用。根据战术通信网络效能的分层结构与指标信息的非完全性和非独立性的特点，这里提出基于 AHP 和灰色理论的系统效能评估方法。

（1）评估指标的选取原则

评估指标体系是为反映评价目标的各个要素之间关系及其重要程度而建立的量化系统。它是联系主体与客体的桥梁，一方面要反映评价客体的本质属性，另一方面又要体现主体对评价对象的需要或要求。建立一套能比较全面、客观地反映系统实际情况的评价指标体系，是建设评估系统的第一步。评估指标体系的设计应遵循如下原则。

- 全面性。即评估指标体系能够全面反映系统的综合实际情况，不能有任何遗漏；
- 简明、适度。即有一定的科学性，大小也适宜。指标体系过大，指标层次过多，指标过细，势必将评价者的注意力吸引到细小的问题上；而指标体系过小，指标层次过少，指标过粗，又不能充分反映系统的实际水平；
- 独立性。即各评价指标和相应标准相互独立；
- 稳定可比性。即评价指标和标准有明确的内涵，易于在不同系统之间相比较；
- 灵活可操作性。即评价指标体系具有足够的灵活性，以供决策者根据可能发生变化的实际情况，对子指标灵活运用。

（2）评估指标的选取方法

对于系统的评估来说，通常需要同时兼顾多个目标。例如，对通信系统来说，需要通信系统的安全性高、可用性强、造价低等，这些都是评估通信系统的第一层目标。而上述的每个目标又包含不同的下层目标，例如，安全性又包括防入侵能力、保密能力等。鉴于系统的这种特征，可以借助层次分析法（AHP）对系统的指标进行自顶向下层层分解的方法，根据不同的目标来划分、选择、归类。按照自顶向下的原则，评估指标的选取方法如下。

- 首先根据确定评估的总目标，确定下面的准则层，也就是影响总目标的一级因素；
- 再确定影响一级目标的次级因素；
- 采用 AHP 法，逐级分解，逐个确定每一目标的影响因素与衡量指标。

需要说明的是，在进行指标分解时，应确保下一层因素或指标的完备性。

9.3.3 通信对抗系统干扰效能评估

通常采用作战效能指标这种定量尺度来度量其效能，所选取的指标必须能反映电子装备的主要功能，对其性能参数要有相当敏感的反映，而且能明显地影响作战过程，能真正反映不同装备和不同作战行动效能之间的关系和差异。

下面以“通信对抗系统干扰效能评估”为例说明。

通信对抗系统通常包括侦察分系统、干扰分系统和指挥控制分系统。其基本组成包括：信息获取（侦察感知）、信息处理（决策支持）和采取行动（干扰执行）。要对干扰效能进行分析评估，需将其放入整个作战环节之中，才能客观准确地得出结论。另外，还要对作战流程有一个深刻的认识。一次干扰过程一般如下所述：先进行侦收分选，对敌目标进行侦察、搜索，获取信号的参数并进行

识别和分选,从复杂的环境信号中确定欲干扰的信号参数(如频率、通信体制、调制方式、驻留时间等特种参数),并将这些信号记录、存储,进行处理,判断是否要进行干扰。若是,则引导干扰设备选择适当的干扰方式实施干扰。

在评估通信对抗系统的干扰效能时,不可避免地会涉及系统的指标及在取得最终的干扰效果时需要技术指标的数据。它包括收发天线特性、通信体制(时分多址、码分多址、调频、跳时、直扩等)、工作方式(数据、语音等)、系统响应时间、灵敏度及系统软件的可靠性等。而且,其还与战术指标相关联,包括最大作用距离、覆盖范围、有效辐射功率等。干扰效能还与接收系统的性能有关,包括信号带宽、调制方式(不同调制方式的抗噪声性能不同)等。要实施有效干扰必须有一定的干信比(压制性)、完全的频域覆盖率等。干扰的最终目的是使敌接收方不能正确理解发送方的作战意图,这主要应体现在敌方接收设备的输出端。因此,衡量干扰效果的主要指标是误码率(数字)和可懂度(语音)。通信对抗系统的干扰效能是特定的对抗系统在作战环境下的作战效果评估。因此,评估时必须说明适用条件。

在特定条件下,通信对抗系统的干扰效能为完成干扰任务而对有关信息的有效获取、处理的程度和执行干扰的效果。它是执行干扰过程的各个阶段的任务完成能力的描述。具体可分为下列几项评价指标种类:

- (1) 侦察能力。包括距离范围、发现概率和数据处理能力。
- (2) 分析处理能力。包括目标识别能力、数据信息融合能力。
- (3) 指挥控制能力。包括干扰反应时间。
- (4) 干扰能力。包括干扰功率、时域覆盖率、频率瞄准精度、频域覆盖率。
- (5) 干扰效果。包括误码率、可懂度。
- (6) 系统性能。包括信号带宽、调制样式、系统自身的固有可靠性和系统的抗毁能力。

这些指标可以包括有若干子指标。

在完成干扰时，每个阶段的作用都非常重要。只有侦收信号准、控制命令快、干扰功率强，才能准确、及时、有效地实施干扰。它可以通过反映系统在特定条件下发挥程度的各个指标之和表示出来。

下面再谈一下部分指标模型。

要实施有效的干扰，通信对抗系统首先要具有很高的目标信号的识别能力和具有很强的干扰功率。而且，当干扰功率使接收机阻塞时，敌方通信设备并未进行通信，或者敌方通信时，己方干扰设备未进行干扰，同样也达不到干扰效果，即必须有较高的时域覆盖率。另外，在施加干扰时，干扰信号与通信信号不在同一个信道频率内，干扰同样无效，因此还必须有频域覆盖率。以上是能够进行干扰的必要条件，可以用参数来评估干扰能力。需要指出的是，上述单个指标的降低会使其干扰能力大为降低，但单个指标值非常高却不一定会使干扰系统的干扰能力明显提高。因此，干扰能力是目标截获概率、时域覆盖率、频率瞄准精度、频域覆盖率等的函数。

另外，干扰效果要看敌方接收设备输出端有用信息的正确率，即数字通信传输的误码和语言传输的易懂度。对数据而言，主要是统计误码率，其模型比较常见。对语音来说主要是易懂度，目前主观评价大多采用 MOS 分进行。客观评估采用先提取特征计算距离失真测度，然后和主观相关联，最后给出客观预测的主观得分。

失真距离主要有：斜率加权谱距离、分段频变信噪比、线性预测分析到谱距离、巴可谱失真 BSD 距离、MEL 到谱距离等。

还有干扰反应时间与接收系统的接受效果相关联，这种方法可较为完整和全面地反映系统效能。前面已经提到，干扰效能还与作战环境、系统性能等因素有关。根据其内容的不同，可得到不同的干扰效能，如对定频、对跳频、对直扩的干扰效能等。因此，不可能用完全精确统一的数学表达式表达系统的干扰效能，采用合理的定性与定量相结合的方法是必要的。

9.3.4 信息网络对抗系统的效能评估

信息网络对抗综合效能,是指该系统争夺信息优势的有效程度。其效能评估就是以信息网络系统技术性能为基础,借鉴装备效能评估的一般方法,以信息保障和信息优势要求为标准,对信息网络对抗效能进行综合评估。

1. 信息系统效能评估指标(以信息对抗系统为例)

(1) 电子侦察系统设备

电子侦察系统作战效能指标,主要包括以下内容:

① 目标发现能力:主要指侦察设备对敌目标的发现概率、侦察目标的频段范围、侦察灵敏度、发现目标数量、侦察处理速度、虚警率等指标;

② 目标参数测量和目标识别能力:指获取侦察目标的特征参数,识别目标属性,对定频目标需要获取如频率、宽带、调制样式等参数,对跳频目标需得到频段范围、跳速、频率集等参数;

③ 目标测向和定位能力:指侦察测向设备具有对目标信号进行测向并交汇定位的能力;

④ 综合度量:通过分析处理得到情报,用系统侦察截获效能和信息处理效能对电子侦查系统作战效能进行评估。

(2) 干扰能力设备

干扰效果的客观评估是一种基于信号分析的方法,通过对通信信号和干扰信号的联合分析,测量干扰设备的干扰能力,分析干扰信号对通信信号各种参数造成的破坏力度,对通信对抗设备的干扰能力进行评价;通过对接收信号特征参数的测量,获得通信系统受干扰的程度,评估针对特定通信设备的干扰效果。

从电子对抗设备干扰能力方面评估,度量指标主要有压制系数、频率瞄准精度以及对目标的跟踪能力,即干扰信号与通信信号

的时间频率重合能力。

(3) 网络服务质量 (QoS) 影响程度

网络服务质量是网络对应应用系统提供服务质量的量化特征描述,表示网络的可保持性能。在用户所要求通信的持续时间内,网络应具有连续为用户提供服务的能力。它主要包括:

① 数据包延迟差:用来测量单位数据的时间传输延迟和预计传输延迟(抖动量)的差值。该参数对于时间敏感性虚拟电路很重要;

② 允许数据包延迟差:用于固定速率通信业务中,它规定了其允许延迟差(抖动量);

③ 数据包出错率:测量在一定时间内输出错信元的数量,即那些到达终点时含出错的信元;

④ 包丢失率:指丢失数据包与已传输数据包总量的比率。

(4) 通信性能下降程度

通信容量指标是对网络的链路和网络数据传输的测量,它包括以下内容:

① 信息利用率:信道使用带宽和全部带宽比值;

② 数据分组传输时延:数据分组传输时延是指从一个分组的最后一个比特进入网络的源节点开始,到该分组的第一比特离开终端节点的时间;

③ 呼叫建立时延:虚连接的呼叫建立时延,是指一个用户从发送“呼叫请求”分组开始,到网络接收到“呼叫连接”分组所经过的时间;

④ 端口吞吐量:端口的数据传输数量。

(5) 终端应用性能干扰能力

终端应用性能从终端应用的角度衡量网络的质量,它包括以下内容:

① 呼叫接通率:指呼叫接通总数与呼叫总数的百分比(不考虑被叫终端未开机);

② 网络接通率:指用户应答、用户忙和用户久叫不应次数

与总呼叫次数之比（在忙时统计）；

③ 网络的通话中断（掉话）率：指在用户通话过程中所出现的掉话概率；

④ 无线信道拥塞率（无线信道呼损）：由于无线信道（包括语音和信令信道）出现拥塞，而导致业务失败的概率；

⑤ 端到端数据传输时间：指端到端单方向数据传输时间；

⑥ 数字数据业务：端到端数据传输比特差错率。

（6）战场监视能力

战场监视性能涉及监视目标的种类、数量和监视范围等。战场监视能力的指标有：

- 同时监视的终端设备类型、数量；
- 同时监视的网络设备类型、数量；
- 侦察的网络范围或区域；
- 侦察的网络信道的监测能力；
- 网络路由协议分析种类和分析速度；
- 跟踪和分析网络的应用协议种类和速度；
- 侦察能力对敌方网络系统的覆盖度。

2. 信息系统效能评估内容

信息对抗效能评估是通过评估系统的一系列能力来实现的，而这一系列的能力是通过大量的性能指标来保证的，这些能力、性能指标按一定层次结构的有机汇集，就构成了对信息对抗系统作战效能评估的指标体系。信息对抗作战效能评估主要对该系统的信息支援能力、信息攻击能力和信息防护能力进行评估，这三种能力是由一系列指标通过运算得出的。评估的内容主要有：

- （1）网络支援：包括扫描嗅探、信息窃听、解密与分析；
- （2）电子支援：包括信号的截获、侦察、分析和处理；
- （3）网络攻击：包括信息的伪造、中断、篡改和破坏；
- （4）电子攻击：包括电子干扰和电子摧毁；

(5) 网络防护：包括信息的真实性、保密性和完整性；

(6) 电子防护：包括抗电子截获、侦察、干扰和摧毁。

在处理过程中，需要对指标进行无量纲处理，即指标值的标准化、正规化处理，它是一种通过一定的数学变换来消除指标量纲影响的方法，即把性质、量纲各异的指标转化为可以进行综合的一个相对数——“量化值”。无量纲处理模型需要借助于一定的数学模型来实现。非线性无量纲处理实质上是一个具有一定区间变化特性的非线性函数。它应具有以下性质：（1）严格单调；（2）函数的表达式中应包含用于比较的标准值；（3）函数能合理反映不同特性指标的变化趋势。

9.4 适应陆军野战机动综合信息系统的机敏性、抗毁性、生存性技术

由于未来信息化战争中武器的打击肯定是越来越精确，指挥系统的反应肯定是越来越迅速。并且由于海、陆、空、天、电全方位、全天候的探测侦察和精确定位技术的广泛应用使得战场上敌我双方情况变得越来越“透明”，也使得双方指挥机构和信息系统的摧毁概率趋于增大。这就促使战争双方在系统的生存能力上大作文章和采取措施，研究开发新技术，努力减小己方损失，力图增大敌方损失。系统的生存能力，是指在具体作战背景下，系统在遭受敌人攻击后，仍能够有效地执行规定任务的量度。指挥自动化系统由于规模大、组成设备多、结构复杂，很难说这样一个大系统在激烈的对抗条件下不能正常工作就是失败，就失去了全部作用。人们更关注的是该系统能在多大程度上保持其规定功能的能力。如：系统完好；系统受损较小；系统有一定程度的受损，但还可维持工作等。

在对抗条件下系统生存能力的性能指标主要有以下几方面：

(1) 机敏性(根据作战需要,系统快速位移和敏感适应性能力)指标;

(2) 系统重组能力(系统出现故障或遭到破坏时自我恢复的能力)指标;

(3) 可靠性(系统在给定的时间内和规定的条件下,完成规定功能的成功概率)指标;

(4) 隐蔽性(系统可以借助其他物体、器材和环境进行遮蔽和躲藏的能力)指标;

(5) 系统保密程度(系统保证其工作方式、工作内容、主要性能参数和用户信息等不被获知的能力)指标;

(6) 防电磁泄漏(系统抑制自身辐射电磁信号的能力)指标;

(7) 防护控制或称抗干扰(系统防止外界对其非法操作或非法影响系统状态的能力)指标;

(8) 抗摧毁指标等。

现代化战争中军事电子信息系统是敌方攻击的主要目标。在技术要加强 C^4ISR 系统关键节点和系统生存能力的研究。军事电子信息系统的生存能力包括 C^4ISR 系统的可靠性、电子对抗能力、信息防攻击能力、防电磁泄露能力、抗毁性等。抗核辐射与核爆炸也可包括在生存能力之中。值得指出的是系统的生存能力不同于系统的可靠性,前者是指对在战场环境中的敌人软、硬攻击下的适应能力;后者是指系统自身软、硬件故障及使用时无人干扰情况下在规定时间内、规定条件完成规定任务的工作能力。生存能力包含了可靠性而又大大高于可靠性。而且软、硬件可靠性都是可以定量计算和检测的,而生存能力目前有的还不能定量计算和检测,而只是针对具体作战环境和一些指标进行粗略的综合评估。还有就是开发研究坚固的多功能地下指挥与通信设施系统和人防系统,建设开发机动式可拆卸、可搬移电子信息系统,建设研究多种类立体化多层次的电子信息系统,加强电子战进攻能力,进行系统重组技术和信息攻防技术研究,进行防电磁泄露及保密技术研究,提高防空系统精

度等都可以提高己方的生存能力和抗毁性。

另外，系统生存能力中的机动性是现代战争中十分重要的。从“科索沃”战争可以明显地看到：要保存己方的势力和取得战争的主动权必须使系统具有机动能力。南联盟大部分被毁系统都是固定系统，而机动系统与设备大部分未被摧毁。在海湾战争中和 21 世纪初美国对阿富汗的战争及对伊拉克战争中的情况也是如此。因为与强国对手作战，固定式系统的坐标早已装入他们的目标数据库内，在战争中是极易被摧毁的。

机动系统和设备应具有便于运输、便于搬移、便于拆装、拼接和携行、灵活转移、迅速联通的能力，以适应战争的突发性和快速性需求；应适应多变的气候环境和复杂的地理特点；系统应具有降级工作的能力，可实现系统全功能、主要功能、最低功能工作的转换；系统应具有重组能力及多路由通信组网能力；应具有防雷电、防潮、防霉、防腐蚀、抗冲击、抗振动能力；应具有单独供电并能与当地电网联接的能力；应具有电磁兼容和防电磁泄露以及网络对抗的能力。

除此之外，设立备份系统、让指挥中心尽量远离通信节点、指挥中心设备分散布置、指挥中心功能可相互替代、有线通信采用光纤、采用分布式数据库等方式都可以提高生存能力。

为满足系统生存能力要求，必须对以下技术进行研究：

- 多功能快速连机动的系统技术；
- 多类型、多手段设备与系统的隐蔽伪装与欺骗性技术；
- 系统多种类的快速定时、定位技术；
- 系统的快速拆装和模块化结构应用及系统重组技术；
- 系统载体的轻型化、快速化、多功能化技术；
- 系统的防电磁泄露应用和保密技术；
- 系统抗恶劣环境和特种供电技术；
- 系统抗“软杀伤”、“软摧毁”技术；
- 电子装载系统和设备的总体布局及集成设计；

- 系统功能部位和设备的单元化、模块化、组合化、标准化设计；
- 系统、装载载体与设备的加固设计；
- 系统机动中的快速展开、快速撤收、快速转移的技术实现；
- 系统的重组和降级应用实现的设计；
- 系统和软件可靠性、可恢复性、可维修性、冗余性设计；
- 系统与数据库的分布式设计实现；
- 系统的电磁兼容性和防网络攻击技术设计；
- 系统对外多功能接口技术；
- 系统的三防设计技术；
- 特殊情况下(如核辐射与核爆炸下)系统的生存能力研究等。

9.5 信息系统的综合集成技术

9.5.1 信息系统集成的内涵

20 世纪 80 年代, 钱学森等人在研究复杂系统问题时提出综合集成是处理“开放、复杂、巨系统”的思想方法。它以实践论和认识论作为哲学基础, 采用辩证法的思想将还原论与整体论相结合、定性描述与定量描述相结合、局部描述与整体描述相结合、确定性描述与不确定性描述相结合、系统分析与系统综合相结合, 逐渐形成了一门新的学科; 运用综合集成思想所形成的系统理论、系统集成思想、综合集成工程, 构成了综合集成体系; 这一体系在科学技术向综合性、整体化方向发展, 将会发挥重要作用。

为适应新形势下军事信息化建设工作需求, 必须重视军事信息系统的综合集成。军事信息系统综合集成的目的是为了合理共享系统信息资源、节约费用, 进行系统综合设计与制造, 有效地进行信息的互连互通, 实现综合一体化整体运行, 实现综合新系统和新技术的嵌入, 满足系统综合扩充和更新建设, 提高整体作战效能。

（1）集成

什么是集成？集成（Integration）是由部分构成整体、由单元构成系统的主要途径。集成一般包含两层含义：一种是将分散、异构的部件联合在一起形成一个协调的群体，从而实现更强的功能，完成各部分独自不能完成的任务；另一种是通过提高组成整体的不同功能子系统之间的通信与协调效率、精简冗余功能或过程，达到实现系统整体最优的目的。

（2）信息系统集成

信息系统集成简称系统集成（System Integration），是按照用户的需求，对众多的技术和产品进行合理地选择，最佳配置各种软件和硬件产品与资源，组合成完整的、能够解决客户具体应用需求的集成方案，使系统的整体性能最优，在技术上具有先进性，实现上具有可能性，使用上具有灵活性，发展上具有可扩性，投资上具有受益性。

也可以将信息系统集成定义为：根据应用的需求，将硬件平台、网络设备、系统软件、工具软件及相应的应用软件等集成为具有优良性能价格比的计算机系统的全过程。

从以上定义可以看出：信息系统集成是为实现某一应用目标而进行的、基于计算机、网络、数据库系统、大中型计算机应用信息系统的建设过程；是针对某种应用目标而提出的全面解决方案的实施过程；是各种技术的综合实现过程；是各种设备的有机组合过程。这个过程由技术咨询、方案设计、设备造型、网络建设、软、硬件系统配置、应用软件开发、维护支持和培训等一系列活动组成。

（3）军事信息系统的综合集成

世界发达国家认为只考虑战争的胜负是不够的，还必须保证以最少的物质损耗和人员伤亡，以最短的时间赢得战争胜利。这就要求在有限的军费条件下，进行联合及合成作战优化综合集成信息系统、武器和平台，以获取最大的整体作战效能。信息系统、武器和平台的优化综合集成是更大系统的综合集成。

信息系统的综合集成要求设计一个综合框架,以便综合应用信息探测、信息传输、信息处理和指挥决策等各系统的能力,实现军事力量的一体化,最大限度地提升军队的整体作战能力。该综合架构将包括信息保障、指挥控制、部队协同、联合作战等体系结构。信息系统的综合集成涉及上述的信息探测层、信息传输层、信息处理层、信息应用层和指挥决策层等诸多层面。信息系统的综合集成涵盖了作战体系集成、指挥控制系统与武器系统集成、指挥与信息系统集成、通信系统集成等多项系统集成使命任务。

军事信息系统的综合集成是为提高作战效能、合理使用资源和经费,将各种军事信息系统进行综合设计制造、综合整体运行、综合技术嵌入、综合扩充更新的建设。有许多种功能的信息系统组成的庞大的信息系统不可能一次建成,因为信息技术发展很快,战术需求的变化也很快,所以,必须用综合集成的方法和技术来发展电子信息系统。

(4) 综合信息系统的综合集成应是逐步地完成

军事综合信息系统或综合指挥自动化系统的综合集成不只是一些系统的简单组合和堆积,而是有机的、整体的结合,使其协调地进行工作,以发挥整体效益和达到整体化目标。综合也意味着在共享的或来源于共性的体系结构(功能的、技术的)和标准数据、统一规则基础上无缝透明的运作。其中有军事信息系统中台位(或席位、部位)的集成、装车(或装机、装船)系统的安装集成、软件模块与软件系统的集成、硬件模块与硬件系统的集成、众多分系统的集成、系统的外场或现场集成、系统纵向综合集成及横向综合集成、人员和系统的综合集成、平战结合与军民结合的集成以及信息系统、武器系统及平台的综合集成问题等。

综合信息系统的集成不可能一次性完成,而是随着技术的进步和作战需求的发展变化逐步地相对地完成集成。它是长期的、发展的、演变的过程。可以是原来系统嵌入新技术;可以是原来系统的扩充即增加新的系统;也可以是经过较长时间的考验和(在新的需

求与新技术支持下)改变原来系统的体系结构,建立满足现实要求的新的体系结构。美国国防部为做好军事综合信息系统的综合集成工作,于20世纪90年代中期建立了C⁴I综合集成支持活动(CISA)。CISA的主要任务就是保证C⁴ISR系统是综合集成的、互操作的、标准化的、高效的和有效的。这就为作战人员和指挥决策人员带来很大的好处。美国预计在2010年前再投入100亿美元支持“系统集成”技术开发。

9.5.2 信息系统的集成需求和系统集成要解决的问题

信息系统集成已成为信息系统开发和建设的重要方向,而对于信息集成的需求主要体现在以下几个方面。

(1) 对于各个信息技术企业来讲,它们所提供的产品仅仅限于它所专长的领域,比如:Microsoft公司重点在于操作系统和办公自动化领域;Oracle、Informix等公司专注于数据库领域;sybase公司则在开发工具和开发平台方面予以重点关注;3Com、Cisco等公司在网络平台上各有所长。几乎没有一个厂商能够提供一企业建设信息系统所需要的全部产品和技术,由此必然要求使用多家的产品构成解决方案。

(2) 信息系统建设和应用是伴随着计算机技术的发展而发展的。因此,不同时期针对不同技术环境和特殊要求而采用不同解决方案开发的各信息系统彼此分离、独立,互操作困难。带来所谓的“自动化孤岛”问题,考虑到系统的全局应用的需求以及成本因素,必须对这些系统进行集成。

(3) 实行系统集成可以统筹规划信息的资源,提高资源的利用率。实行系统集成能够以共享方式的数据管理代替分散式的管理,实现大范围的数据共享,强化各级决策环节,对管理方式进行重组(Reengineering),提高综合效益。

(4) 用户要求能够跨平台地进行信息服务和信息交换,这必然

带来了对不同平台和不同应用的集成的需求。

信息系统集成需要解决的问题很多,归纳起来主要包括以下几类关键问题:

(1) 跨平台问题。现在和将来的软件实际上是分布在各种机型的平台上的,大型机、小型机、PC、笔记本计算机、带程序的电视机、录像机、传感器、报警器等,信息系统集成必须解决多平台的应用问题。

(2) 跨语言问题。目前编程使用的程序设计语言各式各样,没有一种通用的、万能的计算机编程语言供人们使用,如何解决跨语言编程也是系统集成面对的现实问题。

(3) 跨操作系统问题。在 Internet 上连接了无数的计算机。这些计算机的操作系统多种多样,系统集成必须考虑如何能够把它们有机地联系起来,以实现软件、硬件和信息资源的共享和分布式处理。

(4) 跨协议问题。Internet 是一个异构的网络,在不同的区域可能具有不同的网络结构、传输协议。为了使软件运行时具有资源和方法共享及互操作的透明性,集成时必须解决由于协议的不同带来的不便。

(5) 跨版本问题。用户对软件功能的需求总是在逐步增加,每次变化都会要求开发者改变程序模块,分布式软件开发必须考虑软件版本的变化,在 Internet 上集成软件必须实现版本的透明性等。

9.5.3 信息系统集成的原则

(1) 综合性。信息系统集成是一个包括管理、组织、人、设备、方法、技术和工具等为一体的综合集成。也就是在系统集成方法框架中既要考虑技术因素,还要考虑包括管理和人在内的一些其他重要因素,否则系统集成效果会不理想。比如集成度很复杂的计算机集成制造系统,就是通过实施企业业务再造工程,从根本上对业务流程和经营过程进行重新思考和再设计,并把“人”这一因素有机

集成在系统中,以实现对组织管理和人进行系统集成,取得了非常好的应用效果。

(2) 全局最优。由于系统的要素及其环境的不断变化,系统集成必须长期规划,系统集成的总目标是全寿命期的全局最优,系统的可扩展性、可升级性和可维性设计是系统规划设计的重要组成部分。

(3) 开放性。一个集成的信息系统,必须是一个开放的信息系统。即系统硬软件平台、通信接口、软件开发工具、网络结构的选择要遵循工业开放标准。只有开放的系统才能实现可互操作性、可移植性以及可伸缩性的要求,才能实现不同系统之间的互操作,应用程序才能由一种系统移植到另一种系统,不断地为系统的扩展升级创造条件。

(4) 先进性。先进性主要包含两个方面:一方面是指信息系统集成必须在先进的系统总体集成理论指导下进行;另一方面是指系统设计和完成要建立在技术的先进性上,只有采用先进的技术才能保证系统的优势和较长的生命周期。

9.5.4 信息系统集成的层次

1. 概述

信息系统集成指按照用户的需求,对众多的技术和产品进行合理选择,最佳配置各种软、硬件的产品与资源,组合成完整的、能够解决客户具体应用需求的集成方案,使系统的整体性能最优。

实际上,无论是以什么样的软、硬件产品为基础,无论采用何种技术手段,也无论实施的是何种系统开发方案,信息系统集成的核心只有一个——就是实现资源共享。即通过实现信息系统内设备之间的信息交换,软件之间的信息传输以及不同数据库之间的数据共享,以达到“在正确的时间,将正确的信息以正确的方式传给正确的人(或机器)以作出正确的决策或操作”的目的。从结构上,

可以将信息系统的集成划分为若干层次。这里,可以将整个信息系统集成按照网络集成、数据集成和应用集成三个层次来划分。

在信息系统集成的层次上,网络集成位于底层,解决网络的互连问题;数据集成解决的是数据共享,即互通问题;应用集成位于最上层,解决应用的互操作问题。

2. 网络集成

网络集成包括系统运行的硬件环境和软件环境。解决如何利用客观条件为应用系统提供统一的支持环境来支持应用系统的运作。

网络集成是指根据应用的需要,将硬件设备、网络基础设施、网络设备、网络系统软件、网络基础服务系统和应用软件等组织成能够满足设计目标、具有优良性能价格比的计算机网络系统的全过程。网络集成主要解决异构和分布式环境下,网内和网间的设备互连,传输介质互用,网络软件互操作和数据互通信等问题。不仅涉及不同厂家的网络设备和管理软件,也会涉及不同网络间的互连问题。因此,网络集成是由传输、交换、接入、布线、网管、服务等子系统组成的。这实际上包含了三个主要层面,即技术集成(包括各种网络和通信技术,如以太网技术、骨干网络、广域网互连等)、软件产品集成(如传输介质、网络交换机、路由器、网络服务等)和应用集成(包括网络管理、基础应用平台、网络操作系统、软件开发等)。

3. 数据集成

将信息系统从各种渠道中获得的数据集中管理,减少数据冗余度,提高数据的完整性、准确性、一致性,达到数据的高度共享,从而使信息系统发挥数据资源丰富的最大优势。

数据集成是信息系统集成的核心,这也是创建集成的信息系统中的一个难点。当今的信息系统需要存取不同应用中创建的不同格式的数据文件,包括各类 DBMS、电子邮件、HTML 文档、普通文

档等结构化和非结构化信息。要集成这些数据源，其中一个关键技术是如何屏蔽数据的平台、系统环境、内部结构等方面的异构性，把它们进行无缝连接，对它们实现统一的使用。

一般来讲，对于同一系统平台上实现数据集成没有太多困难。但是在分布式系统中进行数据集成时更多的是要面对异构数据问题，这大多是由于信息化过程中系统对遗留系统的集成所带来的，当然，整体上在分布式系统中异构也是必然的。

异构数据源数据集成的目的是为应用提供统一的访问支持，因此集成后的数据必须保证一定的完整性，包括数据完整性和约束完整性。数据集成还必须考虑语义冲突问题，信息资源之间存在的语义区别可能引起各种矛盾。因此，数据访问权限、异构数据源数据的逻辑关系、数据集成范围等问题需要加以考虑。

4. 应用集成

应用集成是指用户的应用需求功能在信息系统中的实现，是信息系统的真正实现和其真实含义的具体体现。

应用集成是属于高层集成，它主要解决应用间的互操作问题。通过应用集成应该能实现应用间的互操作性、分布式环境中应用的可移植性以及应用分布的透明性。实际上，这也是对应用集成技术的要求。

应用的操作性提供不同系统间信息的有意义交换，即信息的语义交换，而不仅仅限于语法交换和语义交换。此外。它还提供系统间功能服务的方便使用，特别是资源的动态发现和动态类型检查；应用的可移植性提供应用程序在系统中迁移的潜力，并且不破坏应用所提供的或正在使用的服务。这种迁移包括静态的系统重构或重新安装以及动态的系统重构；应用分布的透明性屏蔽了由系统的分布所带来的复杂性。分布的透明性使应用编程者不必关心系统是分布的还是集中的，从而可以集中精力设计具体的应用，这就大大减少了应用集成编程的复杂性。

随着应用集成技术的发展,在结构上曾出现三种结构,它们分别是点对点的结构、消息代理结构和过程代理结构。

同时,随着应用集成技术的发展,大量的支持系统互操作的技术不断涌现,如 DEC、DCOM、RMI、CORBA 等。这些技术有力地推动了应用集成的广泛应用。

对以上不同层次的集成都需要依赖于集成手段,即都要用到集成的方法、集成的技术和集成的工具。而从开发的角度看,方法、技术和工具问题始终贯穿在整个集成化信息系统开发建设过程中。

9.5.5 信息系统综合集成的分步实施

(1) 系统中台位(或席位、部位)的集成

这里包括台位中的硬件和软件集成。

(2) 由若干个台位有机结合组成的分系统(或分机、单元)的集成试验

分系统可以是综合信息系统中的传感器和情报侦察分系统(包括各种传感器系统和各种侦察系统)、通信传输分系统(包括各种通信传输和交换系统)、电子对抗分系统(包括各种电子对抗手段的电子对抗系统)、后勤保障分系统、装备保障分系统、各军兵种的信息分系统、环境支持信息分系统(如气象信息分系统)和其他相关技术分系统(或技术子系统)等。

(3) 数据库信息的一致性、各分系统信息的统一标准化、统一信息格式、统一语义解释等的规范集成。其主要工作内容有:

优化系统的总体结构、统一各分系统的技术体制、规范系统的信息流程、规范系统中数据库的体制与信息格式、统一软件与硬件技术规范、统一各分系统的互连互通标准、各分系统信息的统一标准化与统一信息格式、统一系统语义解释等的规范集成。

(4) 系统结构集成安装

其主要内容如下:

- 载体(如车辆、舰船、飞机等)需要的装饰;

- 装有计算机相关台位（或席位、部位）和模块的加固及在载体上安装；
- 供电单元的安装（含照明、油机供电、设备供电、UPS 等）；
- 空调单元的安装；
- 机柜、面板和线缆的连接及连接部件（插头、插座）的安装；
- 网络设备、通信设备、控制设备的安装；
- 载体（如装车、装船、装机等）系统的加电试运行；
- 可搬移系统设备包装箱加工。

（5）外场系统的集成

在系统外场联试前，尽管有许多统一标准、统一接口、统一人机界面等的规定，但仍不能保持系统联起来之后能互连互通。所以还要在一系列的分机、单元集成试验基础上，进行整个系统的外场集成联试。这里主要解决互连互通及技术中的问题。

系统的外场集成和联试最好在研制单位进行。

系统外场集成联试的前提条件：

- 各台位（或席位、部位）的应用软件功能开发已经完成，并通过了台位的集成；
- 各相关技术分系统（或子系统）本身运转正常，并提供出正式版本和资料；
- 技术文档多数已经完成。

系统外场集成的主要内容：

- 整个系统（如由几辆装载车组成）的局域网主要功能试验；
- 人机界面的功能试验；
- 各台位（或席位、部位）软件系统功能的综合试验；
- 相关技术分系统（或子系统）在大系统中的应用功能试验；
- 系统可靠性与连续加电试验；
- 文档检查、软件版本检查、应用软件测试；
- 系统的野外（如跑车、试飞、水上）试验和系统相关部分按

指标要求的环境试验；

- 由其他系统或公司提供的通信设备同本系统连接的初步试验；
- 综合性技术演示试验。

(6) 系统现场集成联试

现场集成联试的前提条件：

- 系统必须经过外场联试及考核；
- 外场联试与考核中发现和提出的问题，基本得到解决。

现场集成联试的主要内容：

- 系统中人机界面的一致性和整个系统的实际应用操作试验；
- 系统的业务功能、技术分系统（或子系统）综合功能试验；
- 系统的监控、网络监控、安全保密系统的试验；
- 本系统与外部相连的接口及互连互通试验；
- 辅助决策功能试验；
- 系统的开通、撤收试验；
- 系统的软件版本管理检查、软件测试、资料齐套性检查；
- 系统综合功能演示试验（可带有一定战术背景）。

(7) 信息系统与武器系统的优化综合集成

在现代条件下的联合作战中，单有军事信息系统发挥作用是不够的，同样单有武器系统发挥作用也是不够的。必须实现传感器网、计算机网和作战平台网的综合集成。必须使军事信息系统与武器系统结合而且是有机的优化结合和综合集成才能发挥巨大作用。因此研究二者的优化综合集成是非常必要的，可以起到事半功倍的效果。同时，军事信息系统的集成要与武器平台的信息化改造紧密结合，统筹规划与实施。

(8) 对优化综合集成的大系统进行测试检验

只有对系统与武器系统综合集成组成的大系统进行统一测试和检验，才能说明其综合集成后的作用。

9.5.6 加强军事电子信息系统集成的理论和关键技术研究

1. 军事信息系统的体系结构

军事信息系统的体系结构可定义为军事信息系统的各部分的组成、它们之间的相互联系以及自始至终必须遵守的设计和开发的原则及指南,即扩展了美国 IEEE610.12 的定义。军事信息系统体系结构包括作战体系结构视图、技术体系结构视图和系统体系结构视图。

在大型军事电子信息系统设计方面,过去把作战体系结构简称为用户需求、把技术体系结构视图和系统体系结构视图称为系统设计规范。这里把技术体系结构视图单独提出来,并且其中的强制性标准必须执行,这一方面有利于用户和承制方协调一致,有共同语言;另一方面有利于军事信息系统的研制工作摆脱手工业生产方式,走上工业化的制造水平。

(1) 作战系统结构(OA)。是为完成或支持军事作战所需的任务、活动、作战要素和信息流的描述(经常用图形)。它定义信息的类型、信息交换的频度以及这些信息交换所支持的任务。作战体系结构的特性有:作战概念图;指挥概念图;指挥关系图;活动模型;信息交换需求;需求能力矩阵表;基本节点连接模型等。

(2) 系统体系结构(SA)。是提供或支持作战功能的系统及互联的表述(包括图形)。它定义关键节点、电路、网络作战平台等的物理连接、位置及标识,规定系统及组成部分的性能参数。系统体系结构应以技术体系结构中规定的标准来满足作战体系结构的需求。系统体系结构的特性有:作战体系结构可以使多个系统体系结构联合起来;系统体系结构提供多个系统与其结合的平台,其功能、特性以及数据元又返回到作战体系结构;规定系统接口,定义系统间的连接;定义系统约束和系统性能特性的界限;应说明从传感器到射手/决策者通过系统各组成部分的互联性;系统体系结构依

赖于技术,应说明辖区内的多个系统是怎样连接及互操作的;解释特殊系统的内部情况;系统体系结构支持多个指挥组织使命的系统功能及数据存储的集聚表明在系统体系结构内不是基于现行的组织模型、部队结构或战场技术等。

(3) 技术体系结构(TA)。是指导系统的部件和构建的配置、相互作用、相互依赖的最低限度一套规则,用来保证系统的一致性,以满足规定的一组需求。技术体系结构规定了作业、接口、标准以及它们之间的关系。它依据工程规范为基础,为通用标准块进行组装、用生产线进行开发来实现系统提供技术指南。美国国防部制定了应用于全部C⁴I系统的联合技术体系结构。其中规定了信息处理、信息传输、信息建模和信息的人机接口、信息系统安全等强制性标准及正在形成的标准和规范。

系统体系结构应满足作战体系结构的全部需求,并严格执行技术体系结构的所有标准。

2. 信息基础结构和共用规范标准

军事信息系统中的指挥、控制、通信、计算机等各军种的共用部分——信息系统的信息基础结构应统一组织建设,实现共享。这样,一方面可为国家节省大量资金,另一方面比较容易保证信息质量(完整性和准确性)和互通、互操作。

在指控部分的计算机系统方面,大中型各级指挥所中,应选定分布式开放客户机/服务器结构(加固及非加固),建立数据库标准,规定操作系统及语言等。使指挥所之间必须具备信息交换和互操作能力。要建立的主要标准如下:

- 信息处理应建立工业操作环境和信息处理及交换标准(如图形、图像、文档、地理、气象、海图等);
- 要建立人机交互和接口标准;
- 信息传输系统的共用部分要建立端系统标准(包括主机、电视会议、传真、图像传输等)、网络标准(包括路由器、子

网络、网络访问协议等)、传输媒体标准(包括卫星通信、无线通信、光缆通信)等;
还要注意系统安全标准,包括信息处理、信息建模及人机接口等。

3. 关键技术

(1) 互操作实现技术

建立开放式系统环境和公共操作环境是战场信息系统互操作性和应用方便性要求的。互操作软件能力应保证不同开发者设计的软件能互相通信。应用方便性则保证应用软件在少量个性修改或不做修改的条件下在各种不同硬件平台和软件平台上都能运行。并且尽可能采用商用流行技术产品(COTS),可节省大量开发费用。

(2) 无缝结构原则实现技术

在可能的作战空间内,要求通信是无缝的,信息是无缝的,操作(指挥、控制、显示等)是无缝的。这里的关键问题是通信无缝和信息无缝。操作无缝并不要求建设很多指挥所,恰恰相反,可以建设少量移动式指挥所,以做到在冲突频发地区“即插即用”。美国介入所有地区冲突,所以,它的无缝范围是全球的,要求作战人员可在世界任何地方都能及时获取作战空间的融合图像。

(3) 多级安全保密措施与技术

军事信息系统是密集的庞大系统,故纵向和横向的多级安全保密尤为重要。要加强综合电子信息系统的各级信息保密措施技术研究;建立有效的信息攻击/侵入侦察系统和技术研究;采取对付信息攻击/入侵的保护性措施;重新分配或重新组成信息处理能力;对采用的商业通用产品,必须具备统一要求的安全保密措施。

(4) 高可靠性和生存能力实现技术

军事信息系统的重要性、规模庞大和技术复杂决定了其可靠性和自下而上能力的重要性。因此,需要组织专门机构和科技队伍对战场信息系统或国家信息基础结构这样的巨大系统的可靠性和自下而上能力进行研究、规划,制定标准和方案,以保证巨大系统在

设计架构时就有充分的论证和实地检验。在巨大系统的可靠性方面,第一要提高设备和分系统的可靠性、可维护性。第二要对巨大系统进行冗余设计,并进行智能管理。在巨大系统生存能力方面,要做好机动、冗余、加固、地下掩体、三防等。提高生存能力,还要组织紧急抢险队伍以便在巨大系统瘫痪时抢救恢复。巨大系统生存能力的威胁有人为电子进攻、电子入侵及自然灾害等。美国在军民两用的国家信息高速公路上,在紧急情况下,可为国家安全的用户保证提供一条紧急小路,即建设最小必要信息基础结构(MEII),以确保军用通令畅通。

(5) 军民结合与平战结合的综合集成研究

为资源的合理配置及节约开支,以民用为主的国家信息基础结构可提供军用,以军用为主的国防信息基础结构可为民用提供增值业务。全球卫星通信系统、全球导航定位系统、气象系统等多数信息系统是军民两用的。有些资源平时以民用为主,战时以军用为主。有些军事信息系统,平时可作培训训练用,战时执行作战任务。在军事信息系统综合集成工作中,要正确运用军民结合和平战结合的综合原则。

(6) 连续优化技术

军事信息系统综合集成不可能一次性完成,而是随着国家政策、作战需求和技术进步而发展变化的,因此,军事信息系统的综合集成也是个长期发展演变的过程。

① 新技术嵌入

将最新信息成果综合集成到综合信息系统,以提高作战效能和降低造价。

② 战场信息系统的扩充

将新的信息系统成员综合集成进军事信息系统中,例如由综合C⁴I系统发展成综合C⁴ISR系统,增加了新成员。这些新成员经过改造或重新研制,才能进入军事信息系统。

③ 新的军事信息系统的体系结构

在未来若干年内,在体系结构方面有较明显的改善,在系统结构方面要上几个较大的台阶。在原体系结构不能满足新的需求而又难以改造时,就要通过一定的过渡形式,建立全新的体系结构,例如美国由“烟囱式”系统过渡到全新的综合 C^4ISR 系统。美国为保证战场信息系统综合集成连续优化,在综合 C^4ISR 系统组成及概念中包含了“全球栅格”、“技术嵌入”和“未来目标体系结构”等部分。

(7) 信息系统综合集成的支持技术

在信息系统综合集成的全过程都必须开展研究、开发监督、检查和评估等支持工作,以确保综合集成的正确性。美国国防部为做好综合 C^4I 系统的综合集成工作,于 1995 年建立了 C^4I 系统综合集成支持活动(CISA)。CISA 的主要任务是保证 C^4ISR 系统是综合集成的、互操作的、标准化的、有效和高效率的,从而为战斗员和决策者带来很大好处。CISA 检查在综合集成过程中改进的新建的 C^4ISR 系统的方案、标准和预算,CISA 对所有 C^4ISR 系统的功能域、体系结构及程序进行评估。

4. 军事信息系统建设的组织管理技术

军事信息系统是巨大系统,它不是多种信息系统的简单组合,而是进行综合设计、综合集成、综合运用、高效能、资源最优配置的巨大军事信息系统。信息系统意义重大,且耗资巨大,必须加强组织管理。

军事信息系统建设首先应由国家高层军事机关直接领导,建立专门委员会研究机构,开展理论研究和仿真试验,研究确定军事信息系统的体系结构总则或框架及作战体系结构。

组织军事专家和技术专家研究确定军事综合信息系统的技术体系结构。系统体系结构的制定应以承制方为主,军方参加,报上司批准。

由军事专门委员会及研究机构利用半实物仿真模拟环境和工

具对综合军事信息系统进行测试、试验,直至达到作战体系结构的需求,由国家验收列为装备。

另外,还有如:系统综合集成的总体设计研究(包括系统综合集成的顶层设计、体系结构、总体需求与使用需求等);系统综合集成的基础理论研究;统一基础平台、统一体制、统一标准和互连、互通、互操作的集成概念研究;系统中的硬、软件集成技术研究;系统综合集成中多类型信息交换格式的统一、标准规范性和接口技术研究;系统综合集成中的信息资源共享研究;系统的时间、空间多维综合集成实现研究;信息系统与武器系统综合优化集成研究;系统综合集成的评测研究等。

9.5.7 Web服务在军事电子信息系统集成中的应用

1. 应用前景

在未来作战中,创造并利用信息优势,进而获取决策优势是作战制胜的关键。由于军事信息系统是在不同时期、基于不同的环境和平台构建的,许多是分散的、异构的,相互缺乏互连、互通、互操作的手段,形成了彼此隔绝的信息孤岛。这些信息平台存在的主要问题有:一是技术体制不统一,异构性严重,不仅造成重复开发,而且难于对多个信息平台进行综合集成;二是这些软件采用了紧耦合的技术模式,即软件块的调用是固定的方式,当软件的版本不同时,不能相互兼容,这种技术体制限制了软件的通用性、灵活性和使用范围,也是各种平台难于综合集成的主要原因之一;三是这些软件基于客户机/服务器的运行模式,不支持广域网环境中的应用,不能适应未来网络中心战环境的要求。

如果采用基于“服务”的软件运行模式,使软件能在网络环境中运行,即网络上任何一台计算机中的软件,其他节点或用户都可以使用,软件的接口变化、版本升级均不会引起应用的改变,这样就可以彻底解决当前信息平台紧耦合的问题。Web服务作为一种蓬

勃发展的面向服务的应用集成技术，它恰能适应复杂的、异构的和多变的环境。通过把现有遗留系统包装成 Web 服务，可供任何系统透明的调用。任何人、任何时间、任何地点都可获得所需的信息资源，形成网络信息的自由流动。Web 服务是松耦合的，具备良好的封装特性和统一的外部接口，对于调用者来说，只要 Web 服务的调用界面不变，Web 服务实现的任何变更甚至于平台的转换对他们来说都是透明的。

利用 Web 服务这种方式集成军事信息系统的过程可以分为两步：第一步是在尚未建立起统一的服务注册中心，军事网络上提供的 Web 服务相对较少的情况下，利用 Web 服务集成技术主要是针对单位内部系统的集成。可以把原有遗留系统的数据、组件甚至整个应用程序封装成 Web 服务的形式供新的系统调用。新系统的各子系统也可以分布在不同的位置，通过 Web 服务的调用方式提供互连、互通、互操作的手段，以此共同协作完成某项事务。第二步是在建立了统一的服务注册中心之后，网络上已存在较多功能完善的 Web 服务，既有功能单一的细粒度 Web 服务，也有利用各细粒度服务组合而来的粗粒度服务，客户可以方便查询，订阅所需的服务，利用这些服务快速组装出新应用。这样就真正实现了面向服务的集成框架和技术，达到最大程度的代码复用和业务逻辑复用。

2. 有待解决的问题

目前，Web 服务技术应用于军事信息系统集成，主要有以下两个问题有待进一步研究和解决。

(1) 安全机制：Web 服务是利用互连网络提供的服务，要使其进行军事信息的传递和处理，就必须建立严密的安全防护机制以限制用户对不同信息资源或应用系统的访问。而基于 Web 服务的集成是一个层次模型，每个服务节点的信息都存在不同的安全等级，通过 Web 服务集成后，各服务之间将相互调用，安全等级划分更加复杂。因此就需要一些特殊的机制来确保不同级别的用户，只能享有

不同层次、不同粒度的信息使用权,同时还要保证信息及时、准确、不间断的获取、传输、处理和使用,并且能阻止敌方对信息的获取和使用。

(2) 网络带宽与性能优化: Web 服务是利用 SOAP 协议进行交换的,而 SOAP 是基于 XML 的应用,XML 和 SOAP 使 Web 服务具有开放性的同时,却也耗费了大量的带宽资源,因为调用 Web 服务过程中传递的数据量要比其他二进制的协议(如 RMI/IIOP)大得多。如果依靠固定网通信,带宽容易解决,但是军事通信中大量使用的主要是无线通道,如何提高网络带宽,进行性能优化,实现通信网络从有线向无线的延伸,是 Web 服务军事应用需要解决的问题之一。

9.6 信息系统中的数据融合技术

9.6.1 信息融合基本概念

信息融合技术又称为数据融合技术。是利用计算机技术对来自多传感器(同类或不同类)探测的多源信息按一定规则进行自动分析和综合后自动生成人们所期望的合成信息的信息处理技术。它包括多类型、多源、多平台传感器所获得的各种情报信息(如数据、照片、视频图像等信息)进行采集、传输、汇集、分析、过滤、综合、相关及合成,快速进行情报处理和自动图形标绘。

现代信息具有形式的多样性、信息数量的巨大性、新型关系的复杂性以及要求信息处理的及时性等特征。信息融合的概念正是在这种对于信息的综合处理的需求中产生的。首先是应用于军事领域,然后又逐渐发展到非军事领域。

对于信息融合的定义有多种提法。从军事应用的角度,信息融合被定义为:把来自多个传感器和信息源的数据和信息加以校准、

联合、相关，合并成统一的表示形式，以获得精确的目标位置、状态估计、身份识别以及对战场态势和威胁的综合评估。他是一个在多个级别上对传感器数据进行综合处理的过程，每个处理级别都反映了对原始数据不同程度的抽象，它包括从监测到威胁判断、武器分配和通道组织的完整过程。其结果表现为在较低级别对状态和属性评估及在较高层次上对整个态势、威胁的评估。这一定义强调信息融合的核心是指对来自多个传感器的数据进行多级别、多方面、多层次的处理，从而产生新的有意义的信息。

从非军事应用的角度来说，信息融合是对多个传感器和信息源所提供的关于某一环境特征的不完整信息加以综合，以形式相对完整、一致的感知描述，从而实现更加准确的识别和判断功能。

信息融合是一种信息处理的新方法，按一般定义可概括为：利用计算机技术对按时序获得的若干传感器的观测信息在一定准则下加以自动分析、优化综合，以完成所需的决策和估计任务而进行的信息处理过程。信息融合的加工对象是多源信息，信息融合的核心是协调优化和综合处理。

来自于美国试验室理事联席会（JDL）信息融合专家组的定义为：信息融合是对来自于单源和多源的数据及信息进行关联、相关和处理，以完成对被观察主体精确的位置和特征估计，并且完成整体的和适时的状态估计。

综合地讲，信息融合就是将来自多个传感器或多源的信息进行综合处理，从而得出更为准确、可靠的结论。这里的传感器是广义的，是指各种数据获取系统和相关数据库等。要防止多源信息中个别信息的重复使用而影响融合结果的准确性。

9.6.2 信息融合与信息集成关系

1. 集成与融合关系

信息融合技术为我们在信息系统建设中提供了一个新的视点，

如何处理信息集成和信息融合的问题,集成和融合的关系是值得思考的重要问题。

实际上,未来信息处理的发展方向一是集成(Integration),二是融合(Fusion)。前者指的是系统结构和框架,也就是说,系统在软、硬件构筑上采用集成框架,将各种网络、数据和应用集成在一起,同时,在内部结构上也采用集成的模式,即由各智能技术(如人工智能、神经网络、模糊推理等)的模块构成;后者指的是各种模块间的连接和算法,即要求融合(或综合)多种技术和各类信息。

可见,集成是构造信息融合系统的基本前提,是物质基础;融合是各种模块的连接器,是系统的核心所在。实现集成和融合的统一能够构造出具有学习、自治、推理能力的高性能智能化系统,一方面融合在系统中起到连接各技术模块的桥梁作用;另一方面通过融合又可生成新的功能模块。

2. 军事信息系统的信息综合集成与信息融合

现代军事信息系统多为大型的分布式信息系统,面对众多的信息源和大量的各类信息,对于信息综合处理的需求非常强烈。而现有信息系统或侧重于用户的组织、功能或物理的集成,或侧重于模式发现的决策软分析上,在许多方面都没有能够完全满足用户对信息的综合集成的需求。

通过对信息处理系统应用需求的进一步分析,可以看出,现代军事信息系统实际上应该是以数据库、计算机通信网络为基础,采用先进的实时监测设备,实现军事环境要素的实时、多维、多源、高效、高精度的在线监测,以及监测信息的获取、存储、分析、管理、表达和评估的系统。这样的系统能够完成对复杂信息的处理,能够充分满足用户对于信息处理的较高需求。然而,现有信息处理系统与技术由于本身在处理信息时具有局限性,不能对此提供足够的支持,例如,信息集成技术不提供对不确定性信息的处理,决策支持系统并不支持状态分析和评估等。因此迫切需要在现有信息系

统基础上引入新的技术和方法以弥补不足。通过运用信息融合技术和思想来解决信息的综合集成问题就是一个非常不错的策略和选择,即通过将系统的各级分类信息进行融合处理,进而为用户的信息管理和决策提供完整、准确的综合信息集成服务。

融合是指采集并集成各种信息源、多媒体和多格式信息,生成完整、准确、及时和有效的综合信息过程。它研究如何加工、协调多源信息,并使不同形式的信息相互补充,以获得对同一事物或目标的更客观、更本质的认识。

军事信息融合系统是军事信息集成系统的补充和发展,是从多个层次上对系统环境和内部运行状态进行观测和评估,进而支持系统决策的复杂的信息处理系统。其任务是将系统中来自各类传感器的情况报告、数据库中的其他信息以及来自于外部的网络信息等多源信息进行综合,同时对不精确信息、不完整信息、不确定信息和不一致信息进行处理,形成当前全局态势的一个综合描述。这一信息处理系统和技术与系统现行的信息处理系统和技术(如信息集成和数据挖掘)是既有区别又有联系。主要表现在以下几个方面。

(1) 从信息的处理对象来看。信息融合侧重于处理多信息源数据,通过对所获得的有关对象的大量互补、冗余或矛盾信息,依据一定的规则模式进行相关、关联、识别等处理,得出对象的准确状态信息;而信息集成侧重的是对异构信息处理,研究如何将不同种类的数据统一起来,有利于共享利用;数据挖掘侧重于对海量信息的处理,通过从数据关系中发现模式,产生新的知识。

(2) 从信息处理的目的来讲。信息融合的目的是提供完整、准确的综合信息,提供的是状态信息和态势评估的结果信息;信息集成的目的是实现信息资源的共享利用;数据挖掘的目的是通过知识发现提供给决策者概念、规则、规律等信息。

(3) 从信息处理的过程看。信息融合通过对信息采用层次处理的融合方法,是由低层到高层对多源信息进行融合,逐层抽象地处理,利用模式对目标进行识别。其过程可分为:信息采集、信息预

处理相关处理、融合处理等；数据挖掘通过一系列的分段处理，从信息中提取正确的、非平凡的、未知的、有潜在应用价值的并最终可为用户理解的模式。数据挖掘的过程可分为：数据准备、数据采掘、结果表达和解释。数据挖掘所发现的知识一般包括：关联规则、总结规则、特征规则、分类规则采掘、聚类规则、趋势分析、异常分析、模式分析等。

(4) 从系统整体信息处理的角度分析。信息融合和数据挖掘侧重于信息的软处理，而信息集成侧重于物理意义上的信息处理。信息融合和数据挖掘必须在集成的基础上进行，同时信息融合可为数据挖掘提供数据，而数据挖掘也可为信息融合提供模式。因此，这些信息处理系统之间存在有非常密切的联系。一方面，信息集成系统为系统信息处理提供基础，信息融合和决策支持都离不开这一平台；另一方面，决策支持是系统信息处理的高级形式，军事上所有信息处理都是围绕这一目标进行的。同时，信息融合是信息集成的延续和扩展，也是决策支持的重要依据。

基于信息融合思想，建立智能的综合信息处理系统，通过对信息的不同层次的集成和融合处理，能够为指挥决策提供高效的支持。

9.6.3 信息融合技术及其应用

1. 信息融合技术

信息融合技术的理论基础是信息论、检测与估计理论、统计信号理论、模糊数学、认知工程、系统工程等。信息融合模型可以从功能、结构和数学模型等几方面来研究表示。

功能模型从融合过程出发，描述信息融合包括那些主要功能、数据库，以及进行信息融合时系统各组成部分之间的相互作用过程。

结构模型从信息融合的组成出发，说明信息融合系统的软、硬件组成，相关数据流、系统与外部环境的人机界面。

数学模型则是信息融合算法和综合逻辑。

由于信息融合是对多源信息进行阶梯状、多层次的处理过程，建立信息融合的结构便成为要解决的关键问题。很多学者对多源信息融合结构的研究大多是从功能上来进行分析的。

信息融合的基本功能模型是由美国国防部成立的数据融合联合指挥实验室（Joint Directors of Laboratories, JDL）建立的（注：该模型已成为美国国防信息融合系统的一种实际标准，许多信息融合的研究都是基于此模型，许多国家的研究大都基于此模型，所以我们把它称为基本模型），它是一个两层次的模型，第一层模型包括由低级到高级的五级处理和一个数据库；第二层模型有各级过程划分的子过程构成。其五级处理过程如下：

（1）信息预处理：预处理过程，根据当前的形式确定数据处理的重点。

（2）状态估计：将目标的位置、参数及特征信息综合，提取目标的表征。

（3）态势分析：综合各种信息，将目标和事件融入背景描述，确立目标各自的含义和联系。

（4）威胁估计：推断敌方对我方的威胁程度、所采取的行动方案及我方可能采取的最佳行动方案。

（5）过程精炼：不断修正上述估计，不断评价是否需要其他信息的补充，以及是否需要修改处理过程本身的算法来获得更加精确可靠的结果。它是控制其他过程的源过程。

其中前二个处理为低层处理，后三个处理为高层处理。

根据上述处理过程划分为五级融合。它们分别是：

- 第1个层次为检测级融合；
- 第2个层次为位置级融合；
- 第3个层次为属性（目标识别）级信息融合；
- 第4个层次为态势评估；
- 第5个层次为威胁估计。

五级融合模型通过动态监视融合处理过程，优化资源和传感器

管理, 实时反馈融合结果信息, 以使融合处理过程具有自适应性, 从而达到最佳融合效果。

在这种功能模型描述中, 前三个层次的信息融合适合于任意的多传感器信息融合系统。而后二个层次主要适用于军事应用(指挥、控制、通信与情报系统, C^3I 系统中的信息融合)。这是一种广义的信息融合功能分级法, 这种从信息融合功能的角度出发把它分为五个层次, 更有利于信息融合技术的研究。

从处理对象的层次上看, 第一级属于低级融合, 它是经典信号检测理论的直接发展, 是近十几年才开始研究的领域, 目前绝大多数多传感器信息融合系统还不存在这一级, 仍然保持集中式检测, 而不是分布式检测, 但是分布式检测是未来的发展方向。第2级和第3级属于中间层次, 是最重要的两级, 它们是进行态势评估和威胁估计的前提和基础。实际上, 融合本身主要发生在前三个级别上, 而态势评估和威胁估计只是在某种意义上与信息融合具有相似的含义。第4级和第5级是决策级融合, 即高级融合, 它们包括对全局态势发展和某些局部形势的估计, 是 C^3I 系统指挥和辅助决策过程中的核心内容。另外还有如数据融合的理论方法研究, 多探测器不完全测量数据融合的算法研究, 专家系统在数据融合中的应用技术研究, 目标自动识别方法研究, 并行处理技术在数据融合中的应用研究, 数据融合中信息的可靠采集、分析清理和资源保护安全技术研究等。

2. 信息融合技术应用

国外对信息融合技术的研究起步较早。信息融合技术首先是应用于各种军用系统中, 然后在工业控制、机器人、空中交通管制、海洋监视、综合导航、医学、智能建筑、商业和管理等领域都有发展。

国内关于信息融合技术的研究起步于20世纪80年代初, 到后来在国内逐渐形成高潮。出现了许多热门研究方向, 许多学者致力于机动目标跟踪、分布检测融合、多传感器综合跟踪与定位、分布

信息融合、目标识别与决策信息融合、态势评估与威胁估计等领域的理论及应用研究。

3. 信息融合的关键问题

(1) 信息搜集与预处理。采用何种信息搜集手段和技术,直接影响到信息融合的时效性。因此对于信息采集模式的选择和研究也是一个非常重要的问题。同时数据预处理中的数据转换和数据相关方法的研究也是一个难点。

(2) 智能信息融合方法。采用何种方法进行融合识别、融合推理决定了信息融合结果的准确性。智能识别和推理是信息融合系统的核心,融合推理所需解决的关键问题是如何针对复杂的环境和目标的动态特性,在难以获得先验知识的前提下,建立具有良好稳健性和自适应能力的目标与环境模型,以及如何有效地控制和降低计算复杂性。

4. 信息融合时主要采取的步骤

(1) 信息采集:广泛收集、提取有关信息项,进行格式化、标准化。

(2) 信息预处理:去伪存真,确定可信度。

(3) 相关处理:对多个信息源数据的相关性进行定量分析,按照一定的判别原则将数据分为不同的集合,每一集合中的数据都与同一信息源相关联。

(4) 融合处理:通过融合模型,对不同信息源信息进行分析、印证、综合,通过分析判别,生成综合信息。

9.6.4 信息融合系统结构分析与信息融合功能

1. 信息融合系统结构分析

设计和开发信息融合系统,主要是为系统的指挥决策服务。通过对系统内部的各管理信息的融合和评估,为决策者提供准确的、

反映实际情况的评估结果。

信息融合的框架结构设计如下：整个系统由应用层、数据融合层、主体管理层和数据层组成。

（1）应用层

应用层主要用于完成用户与系统的交互。为了便于交互而采用了 XML 技术，通过两个层次——客户端表现层和界面转换层来共同实现。

（2）数据融合层

这是本系统的核心层次，实现数据的融合以完成估计和评估，并输出结果为决策提供依据。主要包括融合处理和状态评估两个过程。融合处理以数据关联为融合内容，将信息进行必要的变换和处理，根据形成判定准则，利用多源的状态信息之间的匹配关系，进行动态的模型数据互连；状态评估的主要技术手段是知识融合，利用集成智能的融合模型和算法，根据已有的判断知识，得到更加确切或更加明确的评估结果。

在这一层次中，主要的模块是各种专家库、模型库等知识和规则，以及对融合和评估进行控制的模块。

（3）主体管理层

该层主要实现对多源数据的搜寻和集成管理的功能。主要由 Agent 运行环境、目录系统、通信服务管理器 and 接口定义管理等几个模块组成。

（4）数据层

这是本系统的数据层次，主要包含指挥管理的各种数据库系统和网络数据库系统。

2. 信息融合系统功能

信息融合系统功能，按信息处理过程划分为七个职能。这七个职能是传感器信息预处理、业务信息录入、外部信息预处理、信息融合、信息融合状态评估、信息融合结果存储、用户交互界面等。

(1) 传感器信息预处理。它包括实时信息输入预处理和传感器信息预处理两个部分。通过将生产过程中的传感器信息进行数据统一,依据专家经验知识判断信息的相关性和信息的可靠性,并对信息进行评估,然后将信息放入传感器信息库中。

(2) 业务信息录入。将各部门管理和各业务过程中的信息录入。

(3) 外部信息预处理。它将系统外部获得的信息进行信息的格式转换和过滤。

(4) 信息融合。它将来自从各类传感器系统获取的情况报告、来自业务过程的文档录入的其他信息、历史信息、环境信息等以及来自于企业外部的网络信息融合在一起。在融合过程中,可能出现不一致、不完整、不确定和不精确等情况,该融合过程具有处理不完全信息的自动处理能力,并能通过人工智能技术进行综合,形成当前全局态势的一个完整描述。

(5) 信息融合状态评估。利用专家的经验知识,对有关态势进行评估,并将评估结果发送到融合评估结果数据库进行存储,同时将融合结果提交给用户。

(6) 信息融合结果存放存储状态评估结果。

(7) 用户交互界面。接受用户交互命令,解释执行。并能够将融合结果显示给用户。它可以显示当前态势推断结果,显示状态参数等。

9.7 信息系统中的数据仓库和数据挖掘技术

9.7.1 概述

现代战争中,指挥体制的改革或变更迫切要求各级各类指挥单元要能及时获得信息,要求对信息资源进行共享。这就要采用分布式数据库管理系统,使不同级别、不同地点、不同种类的参战单元

都能进行分布式操作，都能获得所需的信息资源。需要解决数据库资源的规范化和多数据库结构一致性、各系统间数据格式一致性问题。比如在通信系统中，应有完善的通信系统管理信息规范化的格式标准和通信信息分类及其相互关系的描述。比如要想使通信指挥管理自动化系统具有较强的综合运用通信网络的能力，必须首先建设好通信系统信息资源数据库，这样才能依据作战需求和资源情况实施人对人、人对网的有效指挥及管理。

另外还要解决数据库扩充、数据库更新、库的权限管理、库的分布式操作、库的审计、用户管理等一系列数据库管理机制和技术问题。由于分布式数据库在不同级别、不同地点容易出现失密和不安全，还要解决数据库的加密及安全管理方面的问题。

在当今信息爆炸的时代，随着计算机网络及多媒体技术的高速发展，承载信息的数据随着时间推移而不断积累并与日俱增，各种数据的增长使得由数据库要管理的数据量迅猛增长，数据的存储单位也从较早的 K 字节、M 字节发展到 G 字节、T 字节，在如今的海量数据从各种渠道涌来的同时，人们有时不为“获取不到信息”而发愁，开始为“如何在海量数据中获取有用信息”而烦恼。

普通的操作型数据库不能满足数据挖掘的要求，在这种情况下，数据仓库技术作为数据库研究中一个新的分支逐渐活跃起来，它综合运用人工智能、数据库、机器学习等多种理论和技术，成功地应用于多个领域。

9.7.2 数据仓库的概念与特征

数据仓库概念的形成是以数据仓库之父 W.H.Inmon 在 1992 年出版的《建立数据仓库》(Building the Data Warehouse)为标志的。数据仓库的提出是以关系数据库、并行处理技术和分布式技术的飞速发展为基础的。随着数据仓库技术的发展，现在的数据仓库专家和研究者大多认为“数据仓库不是一个软件产品或应用程序，它是一

个体系结构”。总的来说，数据仓库就是面向主题的、集成的、稳定的、不同时间的数据集合，用以支持经营管理中的决策制定过程。

数据仓库具有四个基本特征：

- ① 数据仓库的数据是面向主题的；
- ② 数据仓库的数据是集成的；
- ③ 数据仓库的数据是相对稳定的；
- ④ 数据仓库的数据是反映历史变化的。

除了这四个基本特征以外，数据仓库还有数据量非常大、建有大量索引、由业务数据综合而成、使用人员较少等几个特征。

9.7.3 数据仓库与数据库的关系及差异

数据仓库虽然是从数据库发展而来的，但是两者在许多方面都存在着相当大的差异：

（1）数据内容：数据库的数据是当前业务数据，是面向应用的；而数据仓库的数据是历史的、存档的数据，是面向分析的。

（2）数据目标：数据库的数据目标是面向业务操作程序和重复处理的；而数据仓库的数据目标是面向主题域和管理决策分析应用的。

（3）数据描述：数据库的数据描述是具体的、面向细节的；而数据仓库的数据描述是综合的、经过提炼的。

（4）操作需求：数据库的操作需求是事先可知的；而数据仓库的操作需求是事先不知道的。

（5）数据特性：数据库的数据是动态变化、按字段更新、经常更新的；而数据仓库的数据是静态、不能直接更新、只定时添加的。

（6）数据结构：数据库的数据结构是高度结构化、复杂、适合操作计算的；数据仓库的数据结构是简单且适合分析的。

（7）存取频率：数据库的存取频率是比较高的；数据仓库的存取频率是比较低的，通常只有成批更新数据。

（8）数据访问量：数据库的数据访问量一次操作数据量小；数

据仓库的数据访问量一次操作数据量大。

(9) 访问驱动：数据库的访问是事务驱动、面向应用的；数据仓库的访问是分析驱动、面向主题的。

由于这些不同，操作型数据库只能用于操作型事务处理，数据仓库可用于联机分析事务处理。

9.7.4 数据仓库的组成、体系结构和相关工具

1. 数据仓库的组成和体系结构

数据仓库组成应包括数据源、数据准备区、关系数据库、数据集市、信息发布系统、元数据库、各种分析工具以及显示服务等部分。数据仓库的体系结构如图 9.4 所示。

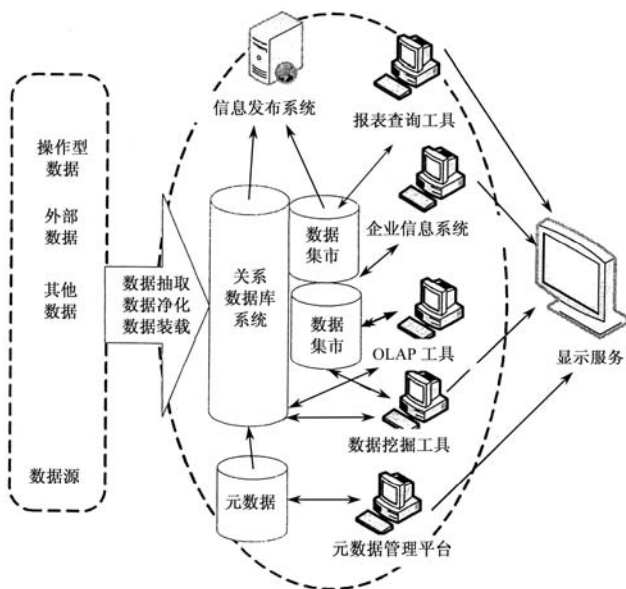


图 9.4 数据仓库的体系结构

(1) 数据源：严格来讲，数据源不是数据仓库的一部分，但是没有数据源，数据仓库就不能为决策者提供信息，为此，我们把数据源看作是数据仓库的一个组成部分，这些数据源包括支持业务运转的操作型数据、一些通过不同手段搜集的数据及其他来源的数据。

(2) 数据准备区：数据仓库的数据必须从数据源中进行数据抽取、清理以及格式化以保持一致性，并装载到数据仓库中。在数据准备区，系统从数据源中析取数据，将数据转换为常用格式，检查一致性和引用完整性，并准备装入数据仓库的数据库。

(3) 关系数据库系统：关系数据库系统是为数据仓库提供其他功能的基础引擎。许多特性和功能已经开发出来并得到增强，使得关系数据库成为联机事务处理系统的主力，而且这些特性和功能可直接应用于数据仓库。

(4) 数据集市：数据集市是完整的数据仓库的一个逻辑子集或完整数据仓库的一段，是面向企业中某个部门（主题）而在逻辑上或物理上划分出来的数据仓库中的子集，而数据仓库正是由其所有的数据集市有机组合而成的。

(5) 信息发布系统：信息发布系统是在数据仓库和数据集市基础上向外进行信息发布的部分，通过信息发布系统可以把数据仓库中的数据或其他相关的数据发送给不同地点或用户。

(6) 元数据：元数据库是描述数据仓库内数据的结构和建立方法的数据，元数据为访问数据仓库提供了一个信息目录(information directory)，这个目录全面描述了数据仓库中有什么数据、这些数据怎么得到的和怎样访问这些数据。

(7) 分析工具和显示服务：各种分析工具是在数据仓库的基础上对数据仓库数据的访问、对大量数据的综合分析的工具，这些工具分析后的结果可以通过显示服务来显示给最终用户。

2. 数据仓库相关工具

目前，数据仓库技术在国外已经被应用于多种领域的支持分析

型数据查询，其理论和应用方面已经有了很大的发展。国外很多数据库厂商都在进行数据仓库方面的尝试和应用。

IBM 公司在 20 世纪 90 年代中后期就开始提出数据仓库的概念，是最早提出商业智能的厂商之一。目前，IBM 拥有相当完备的商业智能解决方案。IBM 的数据仓库软件及各种分析工具包括：IBM DB2 UDB8.1，IBM DB2 OLAP Server，IBM Intelligent Miner。

Oracle 公司从目前新推出的 10g 版本中，数据仓库以及数据挖掘工具得以完善，在 Internet Development Suite 开发包中提供了数据仓库设计和创建工具 Warehouse Builder，在 Business Integration 组件中提供了智能分析工具，并提供了 Oracle OLAP 联机分析处理工具、Oracle Data Mining 数据挖掘工具等。

Sybase 公司利用集成的数据仓库技术，与合作伙伴的应用相结合，为客户提供了一套端对端的产品 Sybase Warehouse Studio，在数据分析、数据挖掘方面提供了专门的解决方案。

其他例如 Informix、Microsoft SQL Server、CA 公司等也提供了相应的数据仓库产品和解决方案。

9.7.5 与数据仓库相关的数据挖掘技术

数据挖掘技术和数据仓库技术是紧密相联系的。据估计，目前一个大型企业数据库中的数据，只有 7% 得到很好的应用。在这些大量数据的背后隐藏了很多具有决策意义的信息，那么如何及时得到这些有用的知识和提高信息利用率呢？所以知识发现技术应运而生。而知识发现的核心技术就是数据挖掘。

数据挖掘又被称为数据开采，就是从大量的、不完全的、有噪声的、模糊的、随机的数据中，提取隐含在其中的、人们事先不知道的、但又是潜在有用的信息和知识的过程。人们把原始数据看作是形成知识的源泉。原始数据可以是结构化的，如关系数据库中的数据，也可以是半结构化的，如文本、图形、图像数据。发现知识的

方法可以是数学的，也可以是非数学的；可以是演绎的，也可以是归纳的。发现的知识可以被用于信息管理、查询优化、决策支持、过程控制等，还可以用于数据自身的维护。因此，数据挖掘是一门广义的交叉学科，它汇聚了不同领域的研究者，尤其是数据库、人工智能、数理统计、可视化、并行计算等方面的学者和工程技术人员。

正因为数据挖掘技术的多样性，也导致了数据挖掘系统的多样性。数据挖掘是一个多阶段的处理过程，由三个主要阶段组成：数据准备（包括数据清理和集成、数据选择、数据变换）、数据挖掘、结果的表示与解释。数据挖掘所能发现的知识有如下几种。

- 广义型知识：反映同类事物共同性质的知识；
- 特征型知识：反映事物各方面的特征知识；
- 差异型知识：反映不同事物之间属性差别的知识；
- 关联型知识：反映事物之间依赖或关联的知视；
- 预测型知识：根据历史的和当前的数据推测未来数据；
- 偏离型知识：揭示事物偏离常规的异常现象。

所有这些知识都可以在不同的概念层次上被发现，随着概念树的提升，从微观到中观再到宏观，以满足不同用户、不同层次决策的需要。至于发现工具和方法，常用的有分类、聚类、模糊理论、神经网络、可视化、决策树、遗传算法、不确定性推理等。

由于指挥自动化系统是一个人机交互的复杂系统，交织着许多难以理清的物质流与信息流构成的反馈控制环路，很多场合难以建立通用的数学模型来描述。但可以利用历史数据和客观事实，通过数据挖掘技术从中提取与效能有关的模式和规律，来描述效能评估过程中无法用通用数学模型描述的系统参量之间的关系。对那些既不能用解析方法建立数学模型求解，也不能获得足够数据进行挖掘的问题，则利用专家经验和知识来解决。例如通过部队试验和系统联试，我们可以获得相关数据。利用数据挖掘和知识发现，可以获得多个指标对武器不确定半径的影响关系，如红方指挥控制能力（包括指挥容量、指挥跨度、作战计划生成时间、武器引导批数等），

情报获取能力（包括获取手段、侦察范围、情报融合时延等），预警探测能力（包括探测距离、目标发现概率、预警时间等）以及通信时延等。

数据挖掘技术可应用于军队信息化建设的方方面面，是实现数据向知识转化的关键。

其实要想真正做好数据挖掘，数据挖掘工具只是其中的一个方面，同时还需要对业务的深入了解和数据分析经验，才能把挖掘出来的知识物化。任何一种数据挖掘的算法，不管是统计分析方法、神经网络、各种树分析方法，还是遗传算法，没有一种算法是万能的。不同的问题，需要不同的方法去解决。对于军事方面的数据挖掘来说，也符合以上的规律。

常用的数据挖掘技术可以分成三大类：传统分析类、知识发现类、其他最新发展的一些数据挖掘技术。

传统分析类数据挖掘技术中使用的挖掘模型有线形分析、非线性分析、回归分析、逻辑回归分析、单变量分析、多变量分析、时间序列分析、最近邻算法、聚类分析等。利用这些技术可以检查那些异常形式的数据，然后利用各种统计模型和数学模型来解释这些数据，解释隐藏在这些数据背后的规律。

知识发现类数据挖掘技术是与统计类数据挖掘技术完全不同的一种挖掘技术。它可以从数据仓库的大量数据中筛选信息，寻找市场可能出现的运营模式，发掘人们所知道的事实。知识发现类型数据挖掘技术包括人工神经网络、决策树、遗传算法、粗糙集、规则发现、关联顺序等。

在数据挖掘技术的最新发展中，出现了文本数据挖掘、Web 数据挖掘、可视化系统、空间数据挖掘和分布式数据挖掘技术等，这些都是最近新发展起来的数据挖掘技术。

在信息化技术高速发展的今天，以数据仓库为核心技术的各种决策分析、态势预测等工具已经引起了各个领域的重视，例如企业数据信息管理、数字图书馆管理、军事情报领域、电信领域、金融

领域、检测领域等，如何利用海量的信息数据为各个领域的决策者提供支持是摆在数据仓库技术人员面前的一个重要课题。

9.8 满足未来机动作战的通信系统技术

9.8.1 未来机动作战对通信系统的要求

(1) 通信装备必须有高效的机动通信能力

高技术条件下的一体化联合作战特别是机动作战中，战场空间立体多维，作战方式灵活多样，为谋求战场有利态势，夺取作战主动权，部队机动作战频繁，因此，通信装备必须有良好的“动中通”能力。

(2) 通信装备必须有可靠的再生保障能力

未来战争中，高强度的火力毁伤对通信系统的生存、通信手段的应用、通信效能的发挥带来很大影响，因此，通信装备系统必须有良好的防护能力和自愈再生能力。

(3) 通信装备必须有抗电磁环境和电磁兼容的能力

未来一体化联合作战中，电磁环境十分复杂，有敌我相关设备和系统的电磁干扰，有周围环境的电磁干扰，敌方又要故意对己方实施大功率、全时域、宽频段、多平台和软硬杀伤相结合的干扰，使得己方通信系统设备工作中遇到大量干扰元，必须采取相关措施，使通信系统和装备具有很好地抗干扰能力和电磁兼容能力。

(4) 通信设备必须具有实施信息传输和处理能力。

一体化联合作战，作战时节转换频繁，战机稍纵即逝，加之大量信息化武器投入战场，使得部队侦察、监测、指挥控制和辅助决策能力大为提高，战场信息量急剧增加，因此，通信指挥装备必须具有宽带的信息传输能力和高效的信息处理能力。

(5) 系统必须有良好的顶层设计

一体化联合作战突出的是扁平化指挥, 战术通信和战役、战略通信相互交织, 大系统小系统相互交织。通信装备系统的建设必须严格顶层设计, 切实体现出一体化的要求。

(6) 系统要构建相互兼容的开放标准

整个军事通信网的高效运转, 必须以各层次通信网络有机结合为基础, 为此, 要求按通用标准协议规范不同层次通信装备, 构建装备之间互连互通的开放环境, 形成整体保障能力。

(7) 系统要形成路由选择的优化协议

为充分发挥各层次通信网络的综合效能, 要求将不同种类的终端设备与由干线设备入口设备所组成的信道设备用网络化标准进行规范, 要求实现终端设备在不同信道设备间自动选择最佳路由、自动控制所占资源状态等功能, 达到对现有网络资源的有效利用。

(8) 要着眼联合作战的要求, 突出各种通信手段融合

一体化联合作战是诸军兵种联合实施的协同作战, 对通信装备互连互通能力要求非常高, 因此, 通信装备建设必须适应协同作战的要求, 突出不同种类装备间纵向一体、横向互连, 形成综合保障能力。统一接口标准, 统一信令协议, 统一结构设计

(9) 要满足无缝连接的要求, 突出通信平台与武器平台互联

一体化联合作战是介于“平台中心战”与“网络中心战”之间的复合作战样式, 独立完成作战任务的部队建制级别较低, 指挥所往往要对武器平台直接实施指挥, 因此, 通信平台必须与武器平台的指控系统有效联通, 确保为指挥员提供实时可靠的通信保障。

武器平台要逐步实现操作智能化, 指控系统成为其核心部位, 为提高武器平台的快速反应能力, 通信平台在与武器平台及指控系统有效通联的基础上, 要逐步实现与其操作界面的一体化、系列化, 确保各种作战指令的有效传递。

(10) 通信装备系统要适应新技术发展的要求

一体化联合作战是信息化条件下实施的高技术战争, 科技含量

高,通信保障强度大,通信装备要适应技术不断发展的新形势,必须在体制设计上紧盯技术前沿,努力将先进的科技成果转换为装备的作战保障能力。如:发展软件无线电台、综合业务交换、一体化指挥平台,实现集通信、导航定位和敌我识别于一体的综合数据链。

根据部队类别、级别不同,研发通用指控平台。指控平台应根据应用对象不同,分别开发对应功能模块,可实现情报获取、信息传递、辅助决策、组织协同、指挥控制、文书拟制、综合查询等功能,能够满足部队作战指挥控制的各种需要。

9.8.2 未来机动作战中多种无线通信手段和技术的融合运用

野战机动通信系统应当是综合的通信系统,是综合电子信息系统中的一个组成部分,是各级指挥员和各种战斗力量赖以传递信息的一公共载体。这个通信系统应是一个在作战地域内配置多个干线交换节点、多个入口节点、多个双工移动通信系统、多级网络管理、具有抗毁性好、机动性高、保密性强、能够实现有线与无线相结合、固定与移动通信相结合、单双工结合、各种通信手段和业务相综合的战术通信系统。系统结构灵活、配置方便,既能综合组网满足部队的作战指挥,又能利用部分设备或分系统组成不同形式规模的网络,满足不同战术部队的不同需求。综合通信系统可由单工无线电网、战术卫星通信网、干线节点网、双工移动通信网、数据分组交换网以及空中转信分系统、数据分发与定位分系统等组成。要完成这些系统的组网,只有部分通信手段是不行的,必须有多种通信手段特别是多种无线手段的相互补充和融合应用。其中主要无线通信手段有短波通信、超短波通信、卫星通信、微波通信、散射通信、光波通信等,这些通信手段相互以不同方式的组合、补充和灵活运用,形成了对野战机动指挥系统的有力保障。

下面对几种主要无线通信手段进行分述。

1. 短波通信新技术与关键技术

(1) 概述

短波通信主要依靠电离层反射进行通信,也可以通过地波传播或者近垂直入射天线技术实现较近距离的机动通信,以弥补微波、超短波等通信手段的不足。由于短波通信具有设备简单、开设方便、成本较低廉等优点,短波通信在军事通信领域特别是机动或应急通信中扮演着重要角色。

(2) 短波通信新技术和关键技术

短波通信的新技术和关键技术主要有:短波信道技术,短波组网和管理技术及短波通信的数据传输技术等。其中短波信道技术主要包括信道自适应技术、电子防御技术、宽带信道机技术和新型天线技术等。短波通信作为一种不可缺少的应急通信手段,短波通信网络化及短波通信在不同层次的指挥网系中的嵌入应用成为短波通信技术的重要内容。新一代短波通信网络是无线连接、无线分组的交换网络,短波网络控制器具有强大的网络控制功能,短波电路组网后,如何对不同级别、不同网系的短波电台的发射功率、工作时间频率和业务类别等内容进行规划和管理以避免相互干扰,也直接影响短波通信网的效果。短波通信的信道传输技术主要包括高速数字调制解调技术、低速声码话音技术、差错控制技术、最低限度通信技术。

2. 机动作战中的超短波通信和技术

在野线机动作战特别是在山区、海岛等指挥作战中,部队机动性强,地理环境和电磁环境条件恶劣,要求机动中或机动后进行快速通信,轻装快捷的超短波通信能较好地满足其要求。

机动作战指挥部队解决山区、海岛的通信技术应以无线移动通信技术为主,即主要指战术超短波窄带高速和宽带高速抗干扰电台。抗干扰电台一般采用战术超短波跳频电台,其主要特征是发射

信号的瞬时带宽不变,而发射的载波频率受伪随机序列控制,是一种躲避式抗干扰手段。由于架设方便、灵活,特别适合于在机动和野战环境下使用,可以大大提高机动指挥部队的数据传输能力、业务支持能力、系统组网能力和山区通信能力,由于传输带宽的增加,可以采用动态路由技术,利用通信网络大幅度改善山区通信的效果和能力,同时也提高了系统组网的灵活性和抗毁能力。

另外,根据相关通信组织结构,超短波高速数据电台可分为两类:一类是作为战术电台互联网的基本通信节点,主要完成通信网内部各节点之间以及节点与网关之间的通信任务,其要求是保证在 25kHz 带宽内提供 64kbps 的数据率,可称之为窄带高速数据电台;另一类是作为分层战术互联网的网首电台,具有网关的功能,同时构成上一层的骨干传输网,其要求是保证在 200kHz 的带宽内提供 2556kbps 以上的数据率,可称为宽带高速数据电台。

军用高速数据电台的主要技术难点之一是必须提供“动中通”能力,重点是克服战场环境的多径衰落效应。无论是窄带还是宽带高速数据电台,都必须首先考虑如何克服信道的多径时延和多普勒频移。在选择合适的调制解调方案时,超短波信道的相干带宽和相干时间是最关键的参数。

针对军用窄带数据电台,为了保证调制信号有良好的频谱效率,多进制 CPM 调制方式是一种很好的选择。

对于超短波宽带数据电台,由于其信号带宽为数百 kHz,远大于信道的相干带宽,信道为典型的频率选择性衰落信道,多径和码间串扰为影响系统性能的主要因素。正交频分多路 OFDM 并行数据传输技术越来越受到重视。

结合 OFDM 和 CPM 的优势,提出一种 OFDM—CPM 的宽带数据电台方案。其特点是利用 OFDM 技术来解决移动高速率无线通信中多径效应的影响,在 OFDM 系统的子载波上再引入 CPM 映射方式。由于 CPM 是一种有记忆的相位调制技术,即相当于在子载波上进行卷积编码,通过最大似然序列估计 (MLSE),使整个系统的

抗衰落性能得到提高。实践表明 OFDM—CPM 具有很好的误码率性能。

3. 机动作战中的卫星通信和技术

卫星通信利用人造地球卫星作为中继站转发无线电信号,在多个地面站之间进行通信,它可有效增大机动指挥部队作战指挥的通信覆盖范围,克服由于地形、视距遮挡等造成的通信盲区,减少中继跳数,提高通信效率和业务量,降低网络传输时延,提高通信可靠性;大幅度提高战场态势信息和指控信息的实时传输能力,增强指挥员决策的准确性和部队的精确打击能力,提高作战效能;加强部队作战通信保障的灵活性和机动性,提高部队快速部署通信设施的时效性;可以将战场上各作战单元之间的信息直接快速横向传输,而不需要经过地面节点间多跳转接,保障了信息的实时性。卫星通信具有通信距离远、覆盖面积大、不受地理条件限制、可进行多址通信、通信线路稳定可靠、通信质量高、可为移动车载终端提供通信的特点。而且可以迅速、灵活地按战时指挥关系建立局部范围的指挥通信网,是实现机动指挥部队网络间无缝连接的最佳手段。并且通过采用动态路由技术,可以增加系统的组网灵活性和抗毁能力,有效提升和改善机动中的通信能力。

另外,应用卫星通信系统,能很好地解决部队跨海作战、高原作战、山地作战、陆航直升机超低空飞行等特殊环境条件下的超视距通信问题。

利用卫星平台装载信息转发设备,以信息传输中继站的方式,能提供作战部队所需的战场信息、气象信息、地理信息、指挥信息以及导航信息的传输通道,并同时提供将战场的实时态势信息反馈给指挥中心的能力,使得战场上作战单元通过系统的信息纽带融合成一个庞大的有机体,形成整体作战效能。

在地面机动指挥中加装宽带车载卫星通信终端,实现对下属作战单元的作战指挥。该设备应具有多频段和多模式,具有通信、导

航、数据传输和态势信息分发等多种功能。

车载卫星通信终端的通信业务包括话音、图像、传真、数据、短信等双向传输。

要实现在各类平台上装载应用卫星通信系统设备,尚需研究解决的关键技术主要包括:高性能移动通信的天线、结合通信和导航的一体化设计通信终端、多频段一体化卫星终端技术、多模式多功能多业务综合通信技术以及针对不同载体特点的特殊传输体制等。

4. 对流层散射通信和流星余迹通信在机动作战中的应用

对流层散射通信系统是一种利用对流层媒质的不均匀性来实现超视距通信方式,它具有以下优点:

- ① 可靠性高;
- ② 保密性好;
- ③ 单跳跨距大;
- ④ 机动性好;
- ⑤ 基本不受雷电、极光、磁暴的影响,尤其是几乎不受核爆炸的影响等优点。

因此散射通信系统在军事应用领域,有很大的发展前景。在中距离、跨江海和障碍地域中有很大的通信优势。散射通信中的一些瓶颈技术正在逐步解决,2006年美国一些公司在高速散射通信技术领域取得了重大突破,成功地演示了传输速率高达40MBPS的KU波段散射超视距通信试验。随着带宽需求的不断增加,高速大容量对流层散射通信系统已成为国内外散射通信技术的最新研究热点。

另外,流星余迹突发通信,也称流星余迹通信,是一种在受到核爆炸、强电子干扰、地震、海啸和极地弧光等电子或物理攻击时,能够正常通信的最低限度通信保障手段,成为其他通信的必要补充,因而在军事通信中具有极其重要的特殊地位。

根据流星余迹通信的特点,其主要作用为:

- (1) 作为远距离无线通信主要方式的短波通信,其发送信号具

有很大的接收范围,易于被截获、保密性差,一旦大规模战争爆发,地面及短波等通信网将遭到严重破坏。而流星余迹通信保密性强,能够克服短波通信的缺点。

(2) 随着反卫星武器的发展,卫星通信的可靠性也会降低,其通信链路容易被破坏,传输质量无法保障。流星余迹通信不易遭到破坏,且其建设费用只有同等卫星通信系统的十分之一。

(3) 流星余迹通信不对现有通信构成任何依赖,难以干扰、定向、安全性高,可以提供最终的通信保障。

(4) 在核爆炸条件下,其他一切通信手段都被摧毁,流星余迹通信能够成为这种特殊情况下的应急通信手段。

(5) 作为远距离、稀路由、低成本的可靠通信方式,流星余迹通信能够成为其他通信的备用远程通信手段,用于地域通信(指挥自动化),可获得最低限度作战信息(特指专用信息),具有十分重要的意义。

5. 军事光通信技术应用

光通信作为无线通信的一种,与传统传输信道相比,除具有频带宽、速率高、容量大的特点外,还具有适合军事通信的独特优势。

光通信中激光传输是一束平行而准直的细线,发散角小,方向性强,不掌握其传播方向就无法接收到它的信号。即使发现激光通信信号,由于其频率极高,用现有的电子设备也无法侦听、截获和破译。传输保密性好。一般无线电通信方式在核武器爆炸瞬间都要发生中断,而激光通信不受其影响,这是因为核爆炸所产生强电磁脉冲的频率不如激光频率高,对激光无干扰能力;核爆炸所产生的光辐射属于非相干光,尽管能量很大但不集中,即使能够进入激光接收机,其强度也是微乎其微,除了会增加噪声外,无其他影响。此外,天空中电离层的变幻和骚动、地球两极上空极光闪烁等对激光通信影响甚微。因此,光通信与无线电通信相比,从信道上排除了泄密和受干扰的可能,给军事通信开辟了崭新而广阔的天地。光

通信可移动性好, 开通灵活便捷。无线光通信是以光信号作为传输信息的载体, 可随意移动到任何地点并实现移动沟通, 比如可以跨越山头, 以及在江河湖海上进行通信; 实际应用中, 利用光通信建立通信链路快, 可以在几小时甚至几十分钟内将宽带信道引接到所需要的地方, 而无需埋设光纤, 这种方便快捷的特性非常适应现代战场移动指挥的通信需要。

光通信频谱资源丰富, 目前, 微波通信及其他无线电通信方式的频段几乎被瓜分完毕, 空间发展余地已所剩无几。而无线光通信采用激光传输, 波长介于微波与红外线之间, 有相当丰富的频谱资源, 不会受到频谱管制的束缚, 也不需要申请频率使用权, 从而为无线光通信在军事上的灵活应用提供了得天独厚的条件。

另外光通信设备体积小、重量轻, 适于多种作战平台承载。无线光通信系统的天线是光学望远镜, 尺寸很小, 一般只有 10~30cm。而功能类似的微波天线, 直径达几米甚至几十米, 重达几吨到几十吨。无线光通信所使用的激光器, 发光效率很高, 功耗却很小, 不需要有庞大的能源供给设施。此外, 光通信系统的器件、设备比相应的电通信系统器件、设备尺寸和重量都要小, 无论是嵌入陆地作战移动平台, 还是承载都非常适合。

在接近地面的空间, 尽管存在着对无线光通信诸多不利的因素, 如大气衰落、大气湍流、烟雾等, 但由于无线光通信的独特优势, 到目前为止, 许多国家都在进行光通信的技术研究并进入实际应用。地面大气光通信是无线光通信中最为活跃的领域。

大气光通信在军事上有着不可替代的重要意义和广阔的应用前景:

一是可用于光纤通信难以快速适应的野外机动通信场合。如机动指挥所车队、机动战斗群、机动火力群、地空之间的保密通信联络, 尤其在无线电静默期间的战术行动中可以大显身手。

二是可用于不宜采用或限制使用无线电通信的场合。如在军事设施或军事要害部门等需要严格保密的场合建立军事隐蔽通信, 在

边海防重要目标之间建立端对端的保密通信等。

三是可用于多种情况下的应急通信。如战场上,在地面通信枢纽遭敌打击破坏后,可将光通信中心设备装于直升机上,以无线光通信的方式与地面链接,在短期间内作为通信枢纽使用;在既设光纤通信线路遭受自然灾害或敌方破坏时,可采用无线光通信中的红外光通信建立大容量临时线路,在遂行故障修复过程中,保持通信继续顺畅运行;在某些特殊地方发生突发事件,需要建立应急通信手段时,可采用无线光通信设备进行快速部署。

四是可用于城区或复杂地形的紧急组网。如架设在城市高楼之间解决必要的通信组网、计算机联网以及作为移动通信的转接站;架设在高山之间完成边防哨所和森林观察通信;架设在海岸与岛屿或江河两岸实现短距离保密通信等。

五是不论是在平时还是在战时,都可利用无线光通信作为光纤冗余链路,以有效提高地面光通信系统的可靠性和抗毁性。

9.8.3 未来机动作战中战术通信网络管理技术

1. 一体化军事通信网络概述

美国在1996年7月提出的《2010年联合设想》中,“网络中心战”占据着突出地位,未来的高技术战争,离不开一体化网络和网络管理技术的支持。

通信网络的一体化,实际上就是对信息业务的综合化,网络技术的统一化。构成一体化通信网络技术主要是网络传输体制与网络体制交换技术。首先,网络传输体制采用全数字技术,所有信息全都基于可计算性(这里可计算性通俗讲是指可为计算机所操作)进行数字化,利用多媒体技术进行信源的综合,形成统一的信源格式(一种新型的数据类型)。交换上采用高速交换体系,如高速光交换、异步传输模式等。这种新的交换体系,既能满足数据信息的突发性要求,又能满足对连续性要求高的自然信息的要求。简言之,

就是利用计算机的计算技术,结合网络的交换技术,对这类综合业务数据信息进行分配、接续,从而形成统一的一体化通信网络体系。

一体化军事通信网是在现有各个通信系统的基础上建立起来的集成网络。它提供更高层次的系统集成,把各个分散的、独立的通信系统联合起来。可以进行协调的网络管理,成为一个协调统一的整体。通信用户面临的是一个虚拟网,用户可以透明地自动访问这一虚拟网,用单一设备快速地自动进入不同的子网,由一体化网络进行智能化入网管理。一体化军事通信采用多频段工作,有线和无线相结合。不同部门的网络互通互操作,构成一个业务种类齐全、集多种形式和功能于一体的军用通信网,为战争一体化服务。

一体化军事通信网强调各种战略网与战术网的统一、个人通信网的引入、军用网与民用网的互连、开放系统、统一用户接口、统一系统及网络管理、统一格式和定义,以便各种武器平台、指挥控制中心互连。

一体化军事通信网可以使得战场变得透明,能使指挥员近实时地看到各种战场态势,有足够的信息量和时间在横向上与作战地域之外的其他友军互通信息,从而实现战场信息充分共享,使知彼知己的能力得到极大地提高,始终掌握作战的主动权。一体化军事通信网可以使所有的系统都能互连互通,所有战场上的战斗部队、战斗支援部队和战斗勤务支援部队都能看到关于战场的信息,可以作到实时的协调,这将大大提高部队的作战力。

一体化军事通信网强调综合业务和统一格式的信元传输,使各业务系统、支援保障部门的信息均可进入一体化军事通信网,从而有力地协调近距离、大纵深和无后方作战,为全纵深同时攻击提供有力的通信支援。

2. 战术数据通信网络管理技术

(1) 战术数据通信网网络管理特点

战术数据通信网的网络管理不同于一般的固定网络和没有对

抗的民用网络,战术数据通信网因其服务对象以及服务对象的使命特殊,具有以下鲜明的特点:

- 战术数据通信网络的组成复杂,具有多种通信手段,有线无线兼备,无线为主;
- 架设迅速,具有动中通的能力;
- 信道宽带相对较窄,支持的业务以短报文为主;
- 具有很强的机动性,网络拓扑变化频繁。

战术数据通信网除了具有普通网络管理的网络连通性和网络服务能力的监控之外,还需要依据作战/行动任务对参战力量的需求,并兼顾行动过程中的可能加强和系统重组,规划和部署战术数据通信网。战术数据通信网的管理包括五个主要功能:通信资源管理、通信网络规划、规划评估、战术数据通信网初始化和战术数据通信网监控。这五个主要功能为战术数据通信网从准备开设到正式运行的全过程提供了有力保障。另一方面,传统的 SNMP 网络管理协议不能很好满足战术数据通信网的管理甚至监控的要求。

有人提出了一种综合的 TDCN 管理体系框架可以基本满足要求。TDCN 管理体系框架与其管理功能和目标相一致。其功能框架由资源维护与管理、拓扑规划、网络仿真、网络初始化与配置工具、网络监控等模块构成。其管理技术框架包括管理中心、管理分中心、管理代理三层。

(2) 战术数据通信网网络管理的关键技术

战术数据通信网网络管理系统的实现涉及的技术很多,如战术数据通信网动态规划技术、TDCN 监控管理模型技术、拓扑自动搜索技术、网络性能评估技术、网络管理协议、参数分发技术、网络安全技术、频率管理技术等。这里主要讨论五个方面的技术。

第一是战术数据通信网络动态规划技术。动态网络规划是战术数据通信网络管理的关键,战术数据通信网动态网络规划的主要内容和基本功能要求如下:

- ① 能全面维护系统通信网络资源信息,包括所有通信设备在

系统中的分布、可能的接口约定与连接关系、IP 地址、可用的频率资源等；

- ② 提供接收指挥所编成编组或系统编成编组信息的接口；
- ③ 制定地址分配的原则；
- ④ 依据任务企图、系统的编成编组、系统名录等系统信息，协调通信资源，规划通信网络的子网组成、子网地址；
- ⑤ 规划寻由区、寻由策略、子网之间的路由信息；
- ⑥ 规划无线网络的频率、跳频表和密钥；
- ⑦ 规划通信网络设备的接口参数（接口类型、地址、协议封装、速率等）、电台的信道参数等；
- ⑧ 以视图方式显示规划网络，自动检查规划参数的正确性；
- ⑨ 可以以子网、指挥所、车辆、设备类型为单位给网络配置工具输出规划参数文件；
- ⑩ 网络规划可以保存多个规划文件，按需查看和编辑这些规划文件；
- ⑪ 对规划的结果进行仿真验证其正确性，并使之尽量合理；
- ⑫ 网络规划还应该对用户和操作人员屏蔽复杂的技术细节，用户可以具备较浅的通信网络专业知识。

第二是 TDCN 的监控管理模型技术。该管理模型是以部署在战术数据通信网网关或互联网控制器上的主动网管节点服务器为核心，一方面收集战术数据通信网无线子网的信息，控制无线子网的传输和其他服务，另一方面接收战术数据通信网络网管中心的管理。主动网管节点服务器既是战术数据通信网管理中心的代理，又是无线子网的管理者。

网络管理中心与主动网管节点服务器之间除了 SNMP 的报文交换之外，网络管理中心依据用户定制的管理要求，驱动策略/代码服务器向主动网管节点服务器委派网管主动包，或者由主动网管节点服务器主动请求策略/代码服务器委派完成特定功能的网管主动包。

主动网管节点服务器是驻留在战术数据通信网网关或互联网控制器的微型软件系统。它集成了包含运行环境、传输服务、数据采集服务等多个服务组件。其主要任务有四点：

① 主动网管节点服务器对无线子网信息的收集不再采用 SNMP 的轮询机制，而是通过监测战术数据通信网网关和互联网控制器连接无线子网端口 ARPcache 中的节点地址信息，分析链路层协议的维护报文来获取网络成员的拓扑；通过监听节点上战术业务系统周期性的位置报告信息和业务报文的源地址来获取成员节点的工作状态和网络可达性。

② 通过监测传输服务的队列情况来判断链路的拥塞程度。

③ 接受网管中心定制的网管策略和管理功能，依据当时的管理情形主动向管理中心请求信息处理所需的配置文件、Script 或程序代码，可以注入新的服务、激活已驻留的服务和卸载过期的服务。

④ 主动网管节点服务器包含 SNMP 服务，能通过 SNMP 协议接受网管中心的管理，与传统的网管体制和系统兼容。

第三是网络性能评估技术。网络规划作为网络管理的功能之一，其内容是根据作战任务，以可用的网络资源为基本限定条件，进行指挥所战址选择、链路传输类型确定、网络的组织、装备的配置、通信力量的编配、频率和密钥的配置、网络参数的设置等。据此通信参谋人员可以拟制和生成不同的通信保障方案。最终选定哪一个通信方案，就需采用一定的技术手段来实现方案的优选。对于方案的优选，可以网络的性能指标为评估依据，采用模拟仿真的技术和方法，对网络的连通性、抗毁性、网络流量、网络时延、网络传输速率等指标进行加权评估，从评估的结果中得到科学、客观的可行方案，为网络的开通运行提供方案和性能的保障。

第四是网络拓扑自动搜索技术。战术通信网的基本特点是基础结构的移动性受战场环境的影响较大，机动性强，网络拓扑处于动态的变化之中。这主要表现在：一是在同一作战时节阶段节点入/退网变化。如作战任务的临时调整带来通信保障的临时调整，原入

网的节点退出了网络，原退网的节点又重新加入了网络，或某一节点设备因故障不能正常入网等；二是在不同作战时节阶段节点入/退网变化。如从 A 地机动到 B 地组网时，原网络 1 中的节点可能加入到新网络 2 中，原网络 2 中的节点可能退出网络等。可见，网络中的节点状态处于不断的变化之中。根据节点状态变化来自动更新网络拓扑，就需要采用拓扑自动搜索技术。这种技术的关键是各入网节点每隔一段时间采用广播的方式向全网广播相邻节点的矩阵信息，即拓扑更新信息。根据所有节点的相邻矩阵，自动建立各节点的连接关系，从而实现拓扑的实时更新。

第五是网络管理协议技术。战术通信网络管理在运行阶段的主要任务是网络监视和网络控制。网络管理者通过网络管理协议与网络代理进行信息交互，通过发送网管指令来获取网络设备的状态信息和设置网络设备参数或主动上报设备的状态信息等，实现网络监控功能。因此，战术通信网网络管理协议是非常重要的技术。简单网络管理协议 SNMP 因其实现简单而成为工业标准，广泛应用于军用和民用通信网络中。战术通信网网络管理协议采用基于 SNMPv3 协议，即对于支持 SNMP 协议的设备采用该协议，而对于不支持 SNMPv3 的设备，则采用战术通信网网络管理协议 TNMP。

9.8.4 未来机动作战中的军用认知无线电及其关键技术

1. 认知无线电概念

认知无线电有多种定义和提法。术语“认知无线电”由 Mitola 和 Maguire 于 1999 年首次提出，他们将认知无线电定义为：一种无线电频率发射机/接收机，设计用于智能检测特定无线电频谱段目前是否在用，并迅速跳转（必要时跳出）到暂时未用的频谱，而不会干扰其他授权用户的传输。

认知无线电是一种能够感知周围环境的无线系统。他们把无线电的行为分成五种主要动作：观察、计划、决策、学习和行动。执

行认知循环动作的努力将使无线电能够感知环境、在几种战略间进行评估、选择操作战略、通过构成新战略丰富经验并进行相应的通信。通过感知外部世界,认知无线电从环境中进行学习并相应地改变其行为。

认知无线电主要是提高无线资源即电磁频谱的利用率。认知无线电为空间、时间和频谱维的使用开发了至今尚未使用的频谱。

它可以用一个非干扰方法获得巨大的频谱效率,并且可以简化频谱分配过程。其原理的核心思想是尽量把频谱“占用区”减到最小,满足环境及其支持的网络需求;其次,在本地频谱分析的基础上,认知无线电会自适应任何可用频谱的范围,从而能找到空闲频带,并改变发送/接收参数来使用一个或多个这样的空闲频带。这种无线电可以在没有任何外在的频谱分配情况下提供无线电业务,并且还能提高可信服务。

认知无线电是在软件无线电技术基础上发展起来的新一代智能无线电通信技术,是一个智能的无线电通信系统,它能够感知周围无线环境,通过对环境的理解和学习,实时调整其内部配置,以适应外部无线环境的变化。认知无线电被认为是一种真正智能的无线电,它具有自我感知、RF感知、用户感知的能力。它是感知、资源调度分配等多项技术的高度综合。它能够在不影响其他授权用户的前提下智能地利用大量空闲频谱,并提高可靠通信的潜能。

2. 军用认知无线电和军用频谱认知无线电需要解决的问题

军用认知无线电是一种能够感知当前军事无线环境,通过对环境的理解和学习,实时调整其内部配置,以适应外部战场环境变化的技术。军用认知无线电是认知无线电在军事上的应用。由于军事应用环境的复杂性、恶劣性与快变性,使得认知无线电进行重大调整以适应军事无线通信的需要。

军用认知无线电的实现还需要克服很多技术难题,如许多情况下战场各种信息的感知、各种感知信息的综合(包括认知电台的感

知信息及来自网络的感知信息)、感知信息的特征提取、应对各种特征的策略库及策略语言框架、针对各策略的抽象行为。

近期内,军用认知无线电是难以实现的,它首先需要解决频谱认知问题。

军用频谱认知无线电欲实现频谱管理的灵活性,需要解决以下几个关键问题:

(1) 如何建链。这需要在网系内有统一的建链信道。

(2) 如何保持链路,这需要信令信道与业务信道分离,通信业务的频率资源是不断变化的,而信令信道需要很高的可靠性与抗干扰能力。

(3) 如何快速感知电磁环境,这就需要对电台周围的电磁环境进行高速扫描探测。

(4) 如何提取感知电磁环境的特征,这就需要对扫描探测结果进行分析,归纳出多方面特征。

(5) 如何根据特征对频谱进行灵活管理,这就需要研究一系列的频谱管理策略。

(6) 如何根据感知特征与业务特征做出决策,这就需要研究基于博弈论的决策机制。

3. 军用认知无线电实现中的关键技术

(1) 认知无线电表达语言

在认知无线电研究中,如何表达外部世界的信息始终是一个重要的研究课题。无线电知识描述语言 **RKRL** 是专为认知无线电开发的一套语言结构体系,它是用来描述整个世界知识、计划和需求的语言。通过 **RKRL** 这种标准语言,认知无线电系统突发的数据变换可被动态定义,其代理可以快速地通过操作相关协议使无线规则更好地满足用户需求,增强了系统的灵活性和反应能力。

(2) 动态频谱管理技术

其核心是实时频谱检测、分类和有效频率配置技术,以此实现

无线传输场景监测、分析和高效使用。

(3) 高性能射频前端技术

高性能射频前端技术即它能根据功率、距离和传输方式等要求的变化实现自适应配置,其基础是必须有一个宽频带、高线性动态范围的射频信道。

除此之外,还有电磁环境感知和通信指挥一体化实现技术、军用认知抗干扰通信技术、集中分布式结合的军用认知频谱管理实现技术等。

虽然目前的技术水平与认知无线电的要求还有相当大的差距,要想一步跨到这样的境界是不现实的,但是我们可以把握好认知无线电的发展方向,逐步将其理念和关键技术融入到战术电台通信网的研制和使用中。

循序渐进地推进认知无线电技术的军事应用,推动战术通信的装备向智能化发展,满足信息作战对无线通信的要求,进一步推进军用无线通信技术进步和提升战术通信装备的作战效能。

9.8.5 未来机动作战中指控与通信计算机终端技术

1. 新的历史条件下指控与通信计算机终端使命任务

担负的使命任务主要包括:作战命令信息处理、侦察情报信息采录和综合处理、战场环境信息综合分析和处理、作战指挥辅助决策处理、各类战术计算处理、位置信息处理、武器平台系统状态和控制信息处理、战场综合服务支持信息的综合处理、网络中心系统综合控制管理、通信的控制和管理、安全控制和管理等。指挥人员可以通过它们了解掌握作战环境和作战进程,进而指挥各级战斗人员,调动一切可利用资源,充分发挥各级人员的作战能力。

2. 指控与通信计算机终端功能和特点

野战计算机终端具有多层次、全方位、大纵深的立体覆盖能力,

多网络无缝连接能力, 高速宽带信息传输与交换能力, 语音、数据、图形、图像多业务综合能力, 互连互通互操作能力, 全天候可靠工作能力, 通信、导航、识别、定位多功能综合能力, 通信资源共享能力等, 真正将信息融入到战场中, 使整个作战可视和可控。

(1) 功能强和结构操作简单

- 人机界面操作统一、简单、方便、快捷、输入 / 输出操作简单、易识别、易接受;
- 信息处理能力强、计算精度高、存储容量大, 响应能力快;
- 较高的图形图像显示、处理和传输能力;
- 辅助决策技术先进、方法多样;
- 数据传输方式多、容量大、速度快;
- 无论是硬件系统还是软件系统可实现动态配置和智能化管理;
- 可适应性强和适用范围广;
- 系统结构应复合通用计算机结构体系, 野战应用要体积小、重量轻、易携带;
- 电源可选范围宽等。

(2) 通用性和维护性好

- 符合国军标要求, 模块化、系列化、一体化设计, 增强系统的通用性和维护性;
- 统一接口定义和传输协议, 增强互连互通性;
- 系统兼容性、适应性强, 通过构件化设计适应各种作战应用;
- 具有互用性, 满足平战结合的需要;
- 具有运行监控和故障分析能力;
- 提供远程故障检测维护接口;
- 硬件固定方式统一、部件易拆卸、易替换。

(3) 可靠性高

- 环境适应能力强, 可使用在不同的寒热地区和许多恶劣环境等;
- 系统抗毁性强, 具有防电磁干扰、抗爆和抗腐蚀等;

- 系统重组能力强、具自检性、可管理性；
- 系统具有长时间工作的能力；
- 软件系统成熟性、容错性高、易恢复性好。

(4) 安全保密

- 具有身份识别能力、系统安全保密和安全自毁能力；
- 系统的防病毒和防恶意攻击能力强；
- 具有与硬件捆绑数据加密能力，防止数据存储、传输和接收的窃取。

3. 未来一体化信息终端体系结构和组成

未来通信与指挥控制一体化通用计算机终端的体系结构可分为四层：设备层、系统服务层、支撑服务层和应用层。具体体系结构如图 9.5 所示。

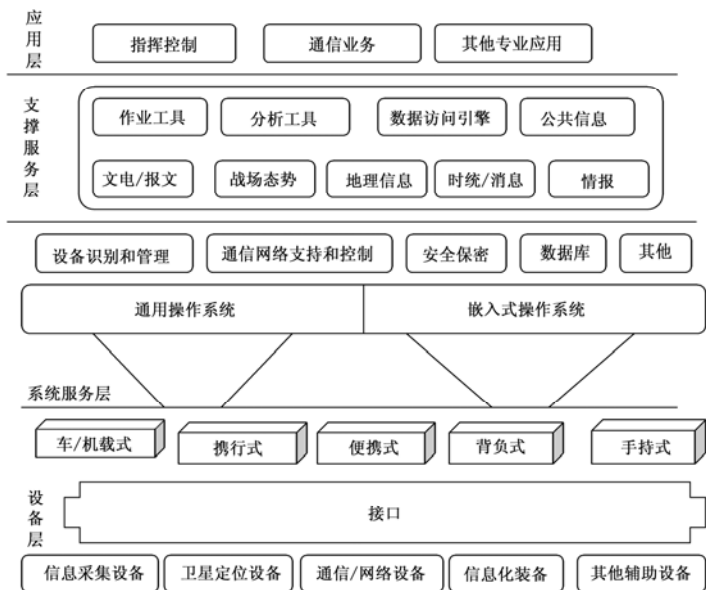


图 9.5 通信指控一体化信息终端体系结构图

(1) 硬件系统组成

硬件系统整体结构（见图 9.6）为模块化设计，可根据应用对象和应用需求实施功能性裁减，灵活配置，多环境适应。为此将硬件系统分为诸个子系统，包括：

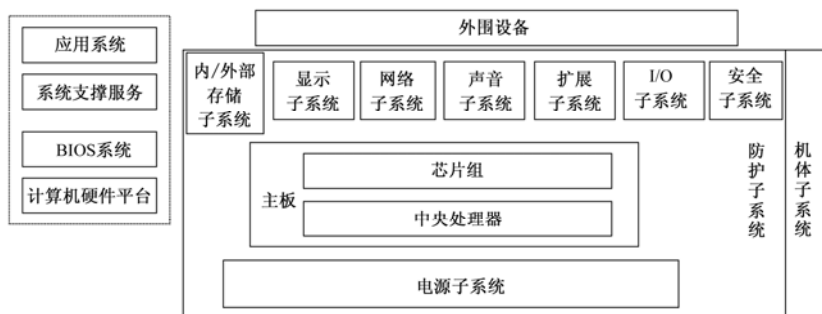


图 9.6 通信指控一体化信息终端硬件系统结构图

- 核心子系统——包括 CPU、主板、芯片组等；
- 存储子系统——包括内存和外存，外存包括硬盘、光盘、磁带和移动存储设备等；
- 显示子系统——包括显示控制器、显存和显示屏等；
- 网络/通信子系统——包括网络/通信控制器、网络/通信管理芯片等；
- 输入/输出子系统——包括 I/O 控制器、键盘、鼠标和对外接口，对外接口包括通信接口、外设接口等；
- 音频子系统——包括声控器、ILINE、IN/OUT、扬声器等；
- 扩展子系统——包括扩展总线和扩展模块等；
- 电源子系统——包括电源、电池、电源输入输出接口和线缆等；
- 安全子系统——包括安全控制芯片、数据加密芯片、身份识别器等；
- 防护子系统——包括防水、抗震动冲击、电磁兼容性等防护

系统；

- 机体子系统——包括机箱、设备架等。

(2) 软件系统组成

软件是系统的灵魂，软件系统是发挥硬件能力和功能的指挥者、管理者和控制者。新一代军用计算机终端软件采用构件化动态部署集成的设计思想，具有功能完善、开发简单、应用移植灵活、可定制裁减等特点，使通信指挥控制一体化通用计算机终端适用范围更广，通用性更强。计算机终端软件系统包括以下部分：系统服务层、支撑服务层和应用系统层。

系统服务层为系统运行提供基础系统环境，包括：操作系统、数据库和设备管理、通信网络控制和协议识别及安全保密等。在这个层面上可拓展研制和开发基本输入/输出系统（BIOS），各子系统的驱动管理系统、嵌入式操作系统、硬件系统综合控制管理、系统监控诊断、安全芯片捆绑加密和身份识别系统等模块。

支撑服务层主要提供公共应用，包括：文电/报文、态势地理信息、情报、消息和时统、作业信息格式解析工具等。该层在通用系统上采用一体化平台中的构建模式，在嵌入式系统中需要对一体化平台上的这些模块进行改造移植，以适应战术以下的嵌入式平台使用。

应用系统层可加载指挥控制、通信和其他专业（如装备、后勤和情报等）应用。在系统服务和支撑服务两个层面上给应用系统的集成提供构件化基础，通过新型集成架构和标准构件功能接口，使用构件通信消息总线和软件集成总线来提升应用的生成能力，实现应用组件的动态部署和即插即用，确保应用系统运行和管理全过程有效性、可用性和可靠性。

(3) 未来指挥控制与通信一体化计算机终端主要技术

- 现代计算机和通信融合技术。
- 野战环境适应性和加固技术。
- 指控和通信一体化新型信息终端技术。

9.8.6 软件通信体系结构（SCA）和未来战术通信系统技术

SCA 技术规范作为与网络中心作战（NCO）和网络中心战（NCW）相关联的所有国防部基于软件的通信计划（如联合战术无线电系统（JTRS）、先进超视距终端（FAB-T）和未来战斗系统（FCS）的核心标准，为促成很多新的商用标准打下了坚实的基础。SCA 是通信平台单元可移植性、互换性和互操作性、软件复用以及体系结构可扩展性的标准，是实现 JTRS 计划目标的体系结构。

SCA 是一系列强制性接口、特性技术规范和需求。它利用其他商用接受的开放标准，如 CORBA、CORBA 服务、CORBA 单元模型和 POSIX 的优越性，它用 CORBA ISL、UML 和 XML 表示该体系结构。

1. 软件通信体系结构（SCA）特点

软件通信体系结构倡导无线电通信设备采用一种开放式的软硬件体系结构，从而使无线电通信设备可以通过加载不同的工作软件，来产生和接收不同的无线电信号（也就是波形，空中无线波形），使无线电通信设备的升级可以分别通过软件升级和硬件升级来获得。同时，无线电设备的软件开发和硬件开发相互分离，通信设备的研发进一步专业化，把生产与研发竞争引入通信设备内部。对于军用无线电通信装备来讲，SCA 意味着装备种类的减少，军用无线电通信装备的装备费用和装备维护费用的降低，军用无线电通信装备之间互连互通问题在技术上得到解决。SCA 具有以下一些优点和特点：

（1）通用、开放的结构

采用开放的标准化结构，使软件框架和硬件框架相互分离，软

件设计脱离硬件的限制,有利于提高竞争性、互通性、可扩展性和可升级性,便于新技术的引入、快速升级和软件的重用。

(2) 支持多种环境

采用 SCA 规范生产的通信系统,可以通过软件接口下载适用于不同环境的波形,支持多种运行环境,包括多种使用领域,如空中飞行器、固定平台、陆地、车辆等,同时还可以手持使用。

(3) 多波段、多模式

采用 SCA 规范生产的通信系统能取代目前使用的各种频带的无线电,从 2MHz 到 2GHz。在某个具体的频段能与目前使用的设备相兼容,同时在模式上和波形上有交叉,能确保互连互通。

(4) 与现有装备兼容

采用 SCA 规范生产的新通信装备可以与现有装备兼容,避免了现有装备集成过程中的相互影响。

(5) 有利于新技术引入

开放的标准化结构,基于软件的设计方式,使得新技术可以随时随地引进到采用 SCA 的系统中,提高系统性能,降低费用和缩短研制、生产和部署时间,避免故障,保持与商用技术的同步。

(6) 抗干扰性

基于 SCA 规范的通信装备,采用开放的标准化结构建立通用的硬件平台,以波形配置的方式来实现软件化的抗干扰技术,实现宽带扩频、跳频、时分多址等抗干扰技术及其多种抗干扰技术的组合,适应不断发展的战场需求。

(7) 保密性

SCA 结构能够解决战术通信系统中长期存在的一系列安全问题,包括可编程的加密能力、多个独立的密级、流水线式的安全认证和结构化的部件,即密钥管理、软件管理、认证管理、用户识别和授权等。

(8) 网络化

除了支持传统的网格协议，SCA 还支持新出现的宽带组网能力，包括语音、数据和图像等。同时还可以应用到战术数据链系统中，提高战场通信网络的作战效能。

(9) 可重用/通用的波形软件

SCA 可以最大限度地实现软件重用，在各种不同的实现方案中允许使用通用的波形软件下载，来完成各种作战需求。

2. 基于SCA规范的战术通信系统对未来指挥与通信系统的影响

采用 SCA 作为新一代通信装备的顶层设计依据，最主要的特点就是系统具有可编程、模块化和开放的体系结构，形成统一的硬件、软件和安全体系结构通用平台，满足不同军用的需求。

基于 SCA 规范的通信装备，脱离了硬件对通信体制的限制，不需要针对特定的波形和特定的协议而改变硬件，只需实时下载各种需要的波形软件，因此可以实时支持各种形式的通信装备互联，包括无线与无线，无线与有线和有线与有线之间。基于 SCA 规范的通信装备还可以完成物理层、链路层和网络层等之间的互操作。例如 SCA 规范还满足战术数据链对无线信息传输提出的各种作战需求，可以应用于战术数据链系统，实现不同数据链之间的信息处理与传输。由此可见基于 SCA 规范的通信装备，可以满足通信系统与指控系统之间的信息交换，真正实现通信指控一体化，达到全系统无缝连接。

未来战争的基本形式是一体化联合作战。一体化联合作战的本质是诸多作战系统横向融合无缝隙链接，使各作战力量、各战场和各作战行动实现互连互通，打破了传统作战的纵向逐级矢量性。用共同的软件、标准和规程对武器装备、通信系统和指挥控制系统进行互连互通，为所有作战系统制定统一标准接口、作战程序和操作规范，使战场上各军兵种作战系统形成标准化的作战模块。满足统一通信平台和一体化作战的要求。

9.9 机动指挥控制信息系统中的通信稳定平台应用技术

9.9.1 概述

要实现指挥控制信息系统在机动中的通信,如卫星通信,必须解决通信天线在恶劣环境条件下稳定、准确对准卫星信标问题。(通信天线可装在陆地机动指挥车上、海军的舰船上、飞机上)这就是卫星通信伺服稳定平台要完成的任务。

以海上机动指挥中的卫星通信系统为例(舰船上装有卫星通信天线)。在卫星通信系统中,由于海上条件恶劣,尤其是载体摇摆大,机动性强,对通信天线稳定的要求十分严格。在同步卫星情况下,天线伺服能否克服载体摇摆和风扰而稳定地指向星体这是机动卫星通信的关键问题之一。

卫星通信伺服稳定有多种形式。就天线座的稳定轴系而言可以是两轴、三轴或四轴;就稳定敏感单元安装的位置而言,可以装在天线座上,也可以不装在天线座上而装在系统其他地方。敏感单元装在天线座上的稳定方式叫本机稳定或自身稳定。卫星通信车载终端伺服稳定系统中,用陀螺作敏感单元的本机稳定方式是常用的体制。通信终端等大都采用陀螺本机稳定。一般说来这种稳定方式优点较多,它只需车上提供简单的航向信息而不需要特别提供其他的运动信号。因而它可以用于一般的机动车载系统中,这种用法接口关系少,标校简单,可独立调试。这里介绍的是三轴式液浮速率积分陀螺作敏感单元的本机稳定伺服系统。

9.9.2 本机陀螺稳定在机动指挥控制信息系统中的应用

这里陀螺伺服稳定系统的负荷是前馈式抛物面天线（含低噪声放大器），它被三轴座架所支撑。

整个系统电路可由三部分组成：稳定回路（三个），调平回路（两个），跟踪回路（两个）。在稳定回路中敏感元件是陀螺，它敏感外力矩干扰。陀螺输出信号经跟随器、解调、校正网路、直流放大、功率放大馈给力矩电机驱动天线，从而克服船摇和风扰等影响使天线保持在惯性空间的稳定状态。调平回路用电磁摆作敏感元件，输出经解调、直放加到陀螺力矩器。本环路用于克服陀螺漂移、地球转动等对天线的影晌，并用它与稳定回路一起保证平台水平，在稳定环路稳定的基础上还有初始调平作用。跟踪回路是用来初始捕获卫星信标及信标丢失后的重新捕获及弥补卫星漂移、标校误差、载体（如船体）位置变更等的影响，它含有方位和俯仰跟踪环路，并在方位跟踪环路中插入载体的航向信号。

本稳定回路是整个系统中带宽最宽、精度最高的部分。无论克服载体摇动、风扰动、调平和跟踪最后都要通过稳定回路驱动天线完成。一般情况下，整个系统的精度能否满足要求，关键也在这里。尤其是稳定回路中的动态误差是影响整个系统精度的主要成分。

9.9.3 调平和跟踪环路

1. 调平回路的闭环调整

本方案的调平回路对引起平台倾斜的各干扰量采用闭环调整方法，而不同于有些系统中为了提高调平修正回路的精度除闭环调整外，对一些干扰源进行开环补偿，这实际是将引起平台不平的因

素补偿掉而保持水平。而本方案中对平台精度的要求不太高,允许平台有少量倾斜。相对说来,这里的调平回路比开环补偿要简单。本调平环路传递函数如图 9.7 所示。

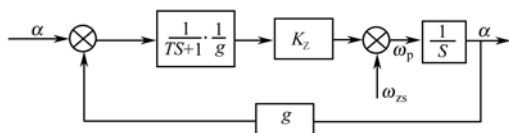


图 9.7 调平回路传递函数图

其中, K_z 为调平回路中的总增益; ω_p 为陀螺漂移速率; ω_{zs} 为地球自转角速度在水平方向上的分量; $\frac{1}{TS+1} \cdot \frac{1}{g}$ 为电磁摆本身的传递函数。

2. 巧妙的跟踪环路

在俯仰跟踪回路中,是通过驱动小平台来实现跟踪的。小平台轴与 E 轴可相对转动且始终平行。要使天线运动就要通过改变平台与 E 轴间的相对角度,使其上 E 陀螺受一干扰力矩而输出信号驱动天线,这样平台始终保持水平,而实际转动了天线俯仰轴,达到改变天线指向的目的。由于同步机的同步作用,小平台轴与 E 轴之间角度在给定之后不再变化,这样由于稳定回路和调平回路作用,使小平台保持水平,则天线保持给定方向(指向卫星不动)。

而方位跟踪环路同水平跟踪环路的区别在于它插入了船的航向信号。

9.9.4 压电晶体速率陀螺稳定平台系统应用技术

压电晶体速率陀螺是一种振动式陀螺,或称为固态陀螺。其工作原理如图 9.8 所示。

四块压电晶体片贴在矩形恒弹性合金梁四个面的中部,当驱动

电路激励在 X 轴（振动轴）方向的一对压电晶体片时，由于反压电效应使梁在 X 轴方向产生等幅振动，即

$$X(t) = X(0) \sin \omega_c(t) \quad (9.1)$$

式中， $X(0)$ 为振动的最大振幅； ω_c 为驱动电压频率。

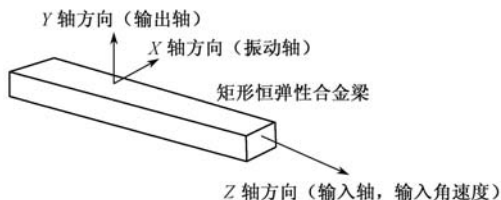


图 9.8 压电晶体速率陀螺工作原理示意图

当绕梁的纵轴（ Z 轴）输入角速度 ω_z 时，则在 Y 轴（输出轴）方向的一对压电晶体片受惯性力作用，使梁在 Y 轴方向发生振动，即

$$Y(t) = \omega_z A \cos(\omega_c(t) - \phi_c) e \quad (9.2)$$

式中

$$A = \frac{2X_0}{\omega_c \left[\left(1 - \frac{\omega_c^2}{\omega_0^2} \right)^2 + \left(\frac{\omega_c}{\omega_0 Q_0} \right)^2 \right]^{1/2}} \quad (9.3)$$

$$\Phi_c = \tan^{-1} \left[\frac{\omega_c \omega_0}{Q_0 (\omega_0^2 - \omega_c^2)} \right] \quad (9.4)$$

其中 ω_0 和 Q_0 是读出平面上输出轴的谐振频率和品质因数。由于压电效应，在输出轴方向的压电晶体片出现与该方向梁的位移 $Y(t)$ 成比例的电压输出。由上述得知，输出电压与振动轴的最大振幅 X_0 及输入角速度 ω_z 是成比例的，并且是振动轴和输出轴谐振频率之比的函数。对于满足一定技术指标的压电晶体速度陀螺，梁的 ω_0 、 ω_c 、 Q_0 及 X_0 均为一恒定值，因此，输出电压仅与输入角速度

有关，并且是线性关系。

压电速率陀螺的频率响应可以近似认为是一个固有频率为驱动平面谐振频率和读出平面谐振频率之差（ $\omega_0 - \omega_c$ ）的一个弱阻尼二阶系统。其响应表达式近似表示为

$$y(s) = \frac{K_T}{1 + \frac{S}{Q_1(\omega_0 - \omega_c)} + \frac{S^2}{(\omega_0 - \omega_c)^2}} \omega_z(s) \quad (9.5)$$

式中， K_T 为陀螺的比例系数， Q_1 为与 Q_0 、 $(\omega_0 - \omega_c)$ 有关的系数。

本陀螺的特点是没有轴承及转动部分，运动可靠，寿命较长（原理上）。全直流供电，陀螺输出也为直流信号，不需马达交流电源和解调，也不需外部另加激磁和温控电路等，在系统使用中简单、方便。

压电晶体速率陀螺稳定平台分为陀螺稳定环路和位置修正环路两部分组成。其稳定环路的作用是：当有一速度干扰或力矩扰动作用于台体上时，陀螺就输出与其成比例的电压信号，经过直流放大、稳定校正、功放等加到力矩电机上去，以负反馈形式形成闭环，使台体保持以惯性空间的稳定。

我们需要的是台体能跟随地理水平面（在需要控制平台侧倾外），因此，需要加稳定环外的位置修正或称位置调整环路。本环路用来克服陀螺漂移和速率陀螺的原理性误差及初始校准平台用。在位置环中加入的垂直基准器主要用来克服载体（舰船、飞机、车辆等）在一侧倾斜时引起平台偏离水平面而设置的。

上面提到的是两种类型的陀螺稳定平台系统。当然还有其他类型的陀螺稳定平台系统。

9.10 系统中的战术数据链应用技术

9.10.1 概述

数据链应用技术也是军事电子信息化系统的关键技术之一。未

来战争中无论防御还是进攻作战，都已变得更多地依赖于不断增长的大容量战术数据。各种信息系统和地面平台（含武器系统）以及指挥中心必须经可靠安全和互操作的通信链路连接在一起，以便及时了解快速变化的敌友我战斗态势，快速准确地交换和共享那些重要的大量数据并可直接与前线任何作战单元或人员通信。

美军对未来的战斗集群在整个战场区域内的各种作战场景进行了一系列研究，得出结论是：传感器平台最终必须能够同时跟踪多达 3000 个目标，这些目标指友方和敌方的飞机、水面船艇、潜艇、民用飞机与船只、陆上的车辆和其他关键设施等。并且为了提高战斗集群的作战能力，还需要有很好的通信支持系统，这种通信支持系统将使各种武器、各种指挥控制平台利用各种公共数据链、一种公用的信息格式、所有可能的战术媒介（HF、UHF、EHF、SHF—借助于卫星通信）以实现在配置于战斗集群中的诸平台之间顺利地地进行数据通信去分享数据。

因此要及时、准确、安全地完成现代陆、海、空等多军兵种立体交叉的数据传输，必须充分发挥数据链的作用。利用战术数据链能够有效地指挥控制分散在各个地区（或作战区域）、海面和空中的移动部队及武器系统。由于战术数据链种类的繁多，工作频段也不同，信息传递经过的平台也不同。战术数据链的相关规则展示出将所有作战部队、武器系统、探测系统、所有适用的通信设备综合为一体的发展蓝图。运用战术数据链交换信息，被看做是有效联合作战的一项关键启动技术。数据链路和信息栅格都是现代战争作战指挥的神经网络，缺少它们要遂行现代联合作战是十分困难的。近年来，美军依据网络中心战的思想，提出了借助卫星通信及其他传输信道，构建一体化数据链系统。一体化数据链系统可分为三个层次：最底层是陆、海、空各军兵种本身的为一个区域服务的数据链；中层是把各区域数据链联成统一的数据链；上层为依托卫星信道和现有通信网络构建的远距离数据链，把数据链联成国家甚至世界范围的数据链体系。一体化数据链解决了在大的战场区域和前后方之

间统一协调问题，并具有良好的可升级能力、较强的抗摧毁能力、灵活的组网方式及分布式资源共享等优点。

9.10.2 数据链路的内涵

数字技术可把巨量的敌我友信息数字化成数据，再把需要这些数据的战斗单位连接起来，以传送这些数据，这就产生了“数据链路”设备的概念。实际上“数据链路”(LINK)是北约的名称。美国称“战术数据链路”(TADL)，或者称“战术数字信息链路”(TADIL)。有人简称为“战术数据链”或“战术数字信息链”。

可以认为，数据链是一种特殊的通信系统，它通过与情报系统、指控系统和武器系统紧密交链，实时传输处理各种战场信息，极大地延伸了平台的态势感知能力，提高了部队的快速反应和机动作战能力，使作战部队间相互支援，从而高效地运用军事力量。数据链是一种规定的消息格式和通信协议，用于实时传输各种战场信息的数据通信系统。它通常包含格式化信息、通信协议和传输信道三大要素，主要用于传输处理战场态势信息、指挥控制信息和武器协同信息。

数据链操作规程规定了数据链系统的组织运用过程、网络设计与规划规程、网络建立与维护规程和数据交换规程等内容。多数据链操作规程则主要侧重于规定联合运用多个数据链系统时的接口设置和管理相关内容。

美军拥有大量先进的数据链装备，在近年来的几次局部战争中发挥了重要作用。当然，数据链的高效使用离不开操作人员对其操作规程的熟练使用。美军的“联合多战术数据链操作规程”为美军联合使用 LinK 11/11B 和 Link 16，发挥其巨大作用提供了重要指导。通过联合使用多个战术数据链系统，可以在多种指挥与控制系统、情报系统以及武器系统之间实时交换战术数据，也可以使多个作战部队间相互支援、协同行动，从而提高作战效能。“多数据链操作规程”对高效地使用多数据链系统具有重要指导意义；也必将有利

于实现不同数据链系统之间的互联、互通和战场态势信息的实时共享，充分发挥武器的作战效能，提高协同作战的能力。

据统计美军已经有近 28 000 个数据链平台，从进度和经费上来说都不可能在短期内完成全面更新的任务。为了能继续利用数据链平台现有的资源同时能与新的系统接口，美国等北约国家军方正在探讨多种公共的可升级的解决方案，如联合战术体系结构（JTA），软件通信体系结构（SCA），军用数据链集成（MDLI）应用软件等。军用数据链集成（MDLI）应用软件是一种利用计算机完成软件处理和维、实现数据链平台综合集成的解决方案。其组成包括：

- 数据链消息处理；
- 数据链平台综合；
- 主机平台结构数据库；
- 消息参数数据库；
- 用户可更改（UMI）数据库等。

主机计算机系统由应用处理器模块、图像处理模块及 I/O 模块组成。运行的预定义数据交换协议由主计算机系统口地址、消息结构和格式、数据交换命令系列组成。

多数据链操作规程对操作员使用数据链交换信息、提高数据链的作战效能具有重大的指导意义。其内容主要包括以下几个方面：

- 多数据链接口说明；
- 多数据链接口职责；
- 多数据链接口规划；
- 多数据链接口建立；
- 多数据链接口维护；
- 多数据链接口信息交换格式；
- 多数据链接口训练规程。

另外，战术数据链也可从下面不同角度来表述。

（1）战术数据链是 C³I 系统的重要组成部分。战术数据链路是将战术信息从一个地方转发到另一地方的一种手段。通过数据链路，

使编队范围内各指挥控制系统的计算机,组成一个战术数据传输/交换和信息处理的网络。并在指挥控制系统的显控台上显示出完整的战场战术态势。所以战术数据链路是指挥控制系统的重要组成部分。

战术数据链路包含:

- 传输介质(有线及无线 HF、UHF、EHF、SHF 等);
- 一套通信协议(频率协议、波形协议、链路和网络协议、保密标准等);
- 被交换信息的定义。

与链路相连的计算机数据库可提供战术信息:如敌目标方位、距离、速度、种类、性能、情报信息与图像等。提供的这些战术信息对战术作战效果是非常有用的。这对从信息源→到终端用户(各平台上的指挥官)、从远端情报源→到远距离情报分析中心,利用保密数据链路传输这些信息是十分必要的。

(2) 数据链是一种用来收/发高速规格化数字信号的系统,是一种按规定的消息格式和通信协议,实时传输处理格式化数字信息的战术信息系统。数据链将指挥控制系统、武器平台和传感器系统组成一个无缝的网络,最大限度地实现了信息资源的共享,极大地提高了信息优势,加速了指挥控制的自动化,促进了作战平台的快速反应和协同作战能力。

(3) 在将新型的通信系统和新的标准文电格式组合使用时,可为未来的机载、舰载、地面车载等作战系统提供多种通信方式,从而可在配置于战斗群中的诸平台间顺利地进行数据通信。

(4) 为战术指挥官提供一种标准化互操作系统。使战术作战团体的各个成员能互连在相应的无线电数据链中,从而为各军兵种分散的、移动的各成员之间提供保密、灵活、抗干扰(数据)实时和近实时的通信(保密、抗干扰是 JTIDS 的特点)。

(5) 战术数据链路(TADL)与通用数据链路(CDL)不同。通过这种数据链路的数据是极为特殊的,它是经过高度格式化的。这些数据一般在空一空、空一地、空一舰、舰一基间传送,并传给

(导弹等)武器控制系统,而且是实时传输的。这里的“数据链路”的数据,不只是“数据”,而且涵盖话音,图形与视频。

“数据链路”包括通信链、链路、收/发终端所有的连接及通信链上所传的信息。

(6) 战术数据链是通过标准无线电传送的并为指挥信息提供实时或近实时信道的一组协议和消息标准。它不仅包括介质,还包括协议、标准和软件(比如链 11,作为北约各国陆、海、空主要的链路,用来编辑图像、管理航迹以及协调武器)。

综上所述,战术信息数据链的特点有:

- 强调战术性;
- 强调实时和近实时性;
- 多个平台间交换信息(包括武器平台);
- 它不仅具有介质信道,而且有协议,有信息格式定义;
- 一般与武器系统相连接;
- 一般传输的是数据(有的也包含话音、图形、视频等);
- 数据处理能力强,并可处理各种信息格式;
- 联系点(终端设备等)较多(几个,几十个到几千个),且“点”一般是移动的;
- 通信距离大约在 20~1000 公里之间,与卫星通信一起使用也可进行全球通信。

9.10.3 战术数据链的构成

战术数据链的构成主要有:

① 网络控制站(网络控制器“SNC”。其中的网控软件可使传输和网络协议都拥有网络管理功能)。

② 用户站系统。包括数据传输设备、加密设备、无线收/发设备、计算机(战术数据系统)等。

③ 无线(或有线)链路和信道机等。

9.10.4 数据链路的组成和功能

以陆军炮兵战术数据链指挥控制信息系统为例来说明。

(1) 系统能辅助长官和参谋人员实现下列功能

- 对各种数据链性能的分析;
- 对各种数据链运行状态的分析;
- 对各种数据链协议的分析;
- 对各种数据链中信息格式的分析;
- 对数据链资源的查询和对各链路情况信息的收集;
- 对各数据链应急情况的处置;
- 对各种数据链路运行状态的综合及其态势分布监控;
- 对数据链路保障方案分析、计划生成;
- 对数据链路保障方案的评估;
- 制作数据链路组织图;
- 做各种战术计算。

(2) 炮兵战术数据链指挥控制信息系统组成

① 物理分系统组成

- 指挥决策台位;
- 信息综合与态势显示台位;
- 信息支持与保障台位;
- 通信与接口设备;
- 网络与电源设备。

② 技术分系统组成

- 方案生成与评估决策支持分系统;
- 信息综合与信息处理分系统;
- 信息保障与信息支持分系统;
- 信息安全保密与信息对抗分系统;
- 系统定时与定位及监控分系统;
- 对外通信联络分系统等。

9.10.5 数据链路的基本工作方式

数据链路的基本工作方式有以下几种。

(1) 点对点半双工方式

在两个站点中,一个作为控制站,另一个作为应答站。控制站在控制时隙内发送控制信息帧,在预留的时间周期内等候应答站的回答。如果在该时间周期内没有收到对当前控制消息的回答,可以在下一时间周期内发送新的控制消息帧,并在新的周期内接收应答。依次下去直到信息交换完毕。

(2) 点对点全双工方式

信息在两个站点之间进行传送,两个方向传送相同的时隙。每帧包括定时帧比特、起始组、若干数据组与校验组。当网络在多个站点间传送时,可以通过时隙帧的中继来实现。

(3) 点对多点的时隙分配方式

这种方式通常有一个网络控制站和若干个从属站。网络把一定周期的时间段划分成若干个时隙,网络控制站自动占据第一个时隙,首先发送信息,作为周期的起始时间,并以此同步各网络从属站的终端。各从属站依照控制站指定的时隙,向自己的目的站或所有站播发消息帧。

(4) 点对多点的点名呼叫方式

这种方式通常是网络有一个控制站和若干个前端站。网络控制站用带有指定前端站地址的询问消息帧,向该前端站询问有无消息回送。当前端站有消息要发送时,被指明地址的前端站在应答帧中回发数据。网络控制站也可发送带有消息的询问帧,指定的前端站应接收网络控制站所发的消息数据,并做出回答。

(5) 点对多点的时分多址(TDMA)方式

该方式是系统先把时间轴划分为时元段(如 12、8 分)。每个时元段又划分成多个(如 64 个)时间帧,每帧再划分成多个(如 1536 个)时隙。这样联合战术信息分发系统(即 JTIDS)在每个时

元段中为每个成员分配一定数量的时隙,以便发送数据信号,而在该成员不发送信号的时隙期间,接收其他成员所发送的信号。每个系统都备有准确的时钟,而且为了实现时分多址工作,还要以某一指定成员的时钟为基准,其他成员的时钟都与之同步,形成统一的系统定时。对于分配给网络成员的每个发射时隙中,该成员共发射多个(如129个)脉冲,脉冲载频为 L_x 波段,频率由系统可在960~1215MHz范围内随机选择。

9.10.6 数据链路技术在战术综合电子信息系统中的应用

(1) 信息分发和终端战术数据链原型系统

系统由一个系统分发中心和多个用户站点组成。系统分发中心代表指挥控制中心。多个用户站点可分别代表陆军移动系统用户1和陆军移动系统用户2和3,武器系统用户等。系统示意框图如图9.9所示。

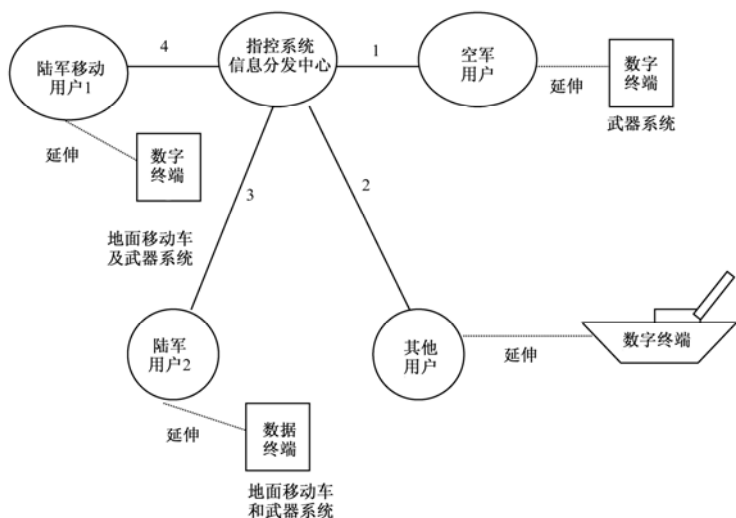


图 9.9 系统示意框图

注 1: 其中数字终端可在指挥所, 可在任务执行单位, 也可为单兵, 其中为含有指令、数据、态势等信息的终端设备。

注 2: 其中的 1、2、3、4 链可以有或无线, 可表示上、下级之间、或系统之间、或同级系统之间等。

(2) 指标类型

- 体制种类
- 密钥等级
- 传输性能
- 差错控制方式
- 业务种类
- 信息速率
- 多址方式
- 调制方式等

(3) 主要研究内容和技术

- 指挥信息分发与终端战术数据链总体技术
- 指挥信息分发与终端战术数据链需求分析研究
- 指挥信息分发与终端战术数据链体系结构研究
- 指挥信息分发与终端战术数据链系统标准制订
- 战术数据链无线信道频段选择与多址方式选择研究
- 系统的网络控制方式研究
- 无线高速调制解调器技术
- 系统信道编码技术
- 系统的加密技术
- 系统中的接口技术
- 系统中战术数据链通信协议研究
- 系统中战术数据链被交换信息定义(信息格式等)研究
- 信息分发中心与终端中硬、软件选择和数据处理
- 信息分发中心的信息合成及融合技术
- 原型系统平台的搭建和相关工具的确定

- 多军兵种数据链互连互通及通用数据链实现技术
- 数据链与武器平台的交链技术
- 现有数据链间及数据链与指挥控制系统间的交链技术

9.11 信息化战争条件下的 复杂电磁环境及技术

信息化作战中，复杂电磁环境已成为第五维战场空间，对电磁兼容和电磁技术及电磁环境的分析、管理、应用技术研究非常重要。

9.11.1 电磁技术与电磁防护

美国有人对未来战争作过一次预测：当再一次世界灾难降临的时候，也许不会看到蘑菇云，而只听见遥远的啪嚓声，电脑连同里面所有的数据都将被“烧焦”，这就是电磁脉冲打击的威力。电磁脉冲打击武器将成为 21 世纪的大规模破坏性武器之一。

电磁技术进步是一把“双刃剑”，它既大大提高精确制导武器的作战效能，同时也使这些武器系统强烈地依赖于电子设备及其所处的电磁环境。大家都知道，信息化战争是在复杂多变的电磁环境中展开的，战场是各种电磁能量共同作用的集合体，这其中既有自然电磁干扰源，又有强烈的人为干扰源。由电磁平台搭建的各军兵种的指挥控制系统通过一张无形的网将上至统帅部下至普通士兵，均牢牢粘结在网络的神经节点上。各种军用电磁辐射体如雷达、通信、导航等辐射源的功率也越来越大，数量也成倍地增加，频谱也越来越宽，再加上高功率微波武器等定向能武器和电磁脉冲弹及超宽带、强电磁干扰机的出现，使得战场的电磁环境变得异常复杂。

电磁突袭作为争夺战场制电磁权的重要作战样式，主要是依靠电磁脉冲武器来实现的。电磁脉冲武器依靠人工技术产生的电磁脉冲，在特定地区或目标周围空间造成瞬间的破坏性电磁环境，致使

敌方的电子设备遭到破坏或干扰，从而达成战役、战术目的的一种新概念武器。

从效果来看，电磁脉冲武器对于目标的打击一般分为三个等级：硬杀伤、扰乱和干扰。硬杀伤能彻底毁坏电子元件，特别是这种武器的破坏目标通常不是指某一电子设备，而是对某一地区的几乎所有电子设备；扰乱也称失效或反转，是指电子元件在未损坏的情况下，整个系统处于混乱状态；干扰，即在电磁脉冲干扰下目标系统可出现信息失真、指令错误等现象。

由于电磁突袭的巨大破坏性，早在 20 世纪 60 年代美苏就开始了有关电磁防护的研究。电磁脉冲的打击和防护这一对矛盾正是如此。在对手电磁脉冲防护的盾牌未铸就之前，电磁打击必然拥有致命的威胁。目前，少数国家军队拥有的电磁打击优势在信息化战场上造成了不对称的局面，以至于绝大多数国家和军队的基础设施和信息化（或半信息化）装备的软肋完全暴露在潜在敌手的打击下面。因此必须加强电磁防护技术研究并采取必要措施，才能改变被电磁脉冲武器打击的被动局面。

9.11.2 复杂电磁环境分析与技术

1. 战场电磁环境概述

未来信息化战争将是陆、海、空、天、电五维一体的联合作战，其中电磁环境效应直接影响着武器装备战斗效能的发挥和战场的生存能力。组成战场“神经网络”的电磁平台一旦遭到破坏，其危害是毁灭性的。许多人对于第五维战场的电磁战场还知之不多，特别是对频谱规划、电磁兼容、电磁武器等领域还比较陌生。所以，加强电磁环境分析、研究、管理和应用是十分必要的。

1988 年美军将电磁环境定义为“军队、系统或平台在预定工作环境中执行任务时可能遇到的在各种频率范围内电磁辐射或传导

辐射的功率和时间的分布状况”，而且认为“它是电磁干扰、电磁脉冲、电磁辐射对人体、兵器和材料的危害，以及闪电和天电干扰等自然现象效应的综和”。“电磁环境对军队、设备、系统和平台的影响包含所有电磁学科，如电磁干扰、电磁脉冲、电磁兼容、电磁易损性、反电子干扰”。总之，电磁环境就是指电子设备或系统工作时形成的电磁环境，它不仅是无线电收发设备工作时形成的电磁环境，而且也是对电子设备工作效果产生积极与消极影响的环境。

2. 战场电磁环境分类和构成

(1) 战场电磁环境分类

战场电磁环境按照不同的标准可分为以下几类：

- ① 按影响程度，分为积极性电磁环境与消极性电磁环境。
- ② 按战场范围，分为战斗、战役、战争电磁环境。
- ③ 按平战性质，分为平时时期电磁环境和战争时期电磁环境。

(2) 战场电磁环境构成

战场电磁环境受战役样式、战场规模、战争过程的制约和规范，战场电磁环境主要取决于下列基本因素：

- ① 敌对双方电子设备的数量。
- ② 敌对双方电子设备的使用方案。
- ③ 敌对双方电子设备的复杂性及辐射信号的特性。
- ④ 敌对双方电子设备的依赖程度。
- ⑤ 敌对双方分析、掌握战场电磁环境的能力和 demand。

3. 战场电磁环境特征

信息化战争是在复杂多变的电磁环境中展开的。各种军用电磁辐射功率越来越大，数量成倍增加，频谱也越来越宽。再加上电磁脉冲弹及超宽带、强电磁辐射干扰机的出现，使战场的电磁环境变得异常复杂。呈现出以下特征：

(1) 电磁信号的交织性

战场上敌对双方的电磁信号紧密地交织在一起,敌中有我,我中有敌,双方相互斗争、相互作用,谁能把握和控制它,谁就能取得战争的主动权。

(2) 电磁环境的动态性

高技术条件下作战,机动性、流动性、非线性增强,交战双方作战力量呈现高动态性。因此战场的动态性也构成了电磁环境的动态性。

(3) 争夺电磁频谱的对抗性

现代化战场上谁掌握了制电磁权,谁就掌握了战争的主动权和胜利的钥匙。战场上电子侦察与反侦察,电子干扰与反干扰、电子欺骗与反欺骗、电子隐身与反隐身、电子摧毁与反摧毁等成为主要作战手段。为了实现自己的作战意图,双方争夺电磁频谱的斗争非常激烈。

现代战场电磁环境的特征与影响,改变了传统的作战方式。传统的作战指导方法要适应现代条件,要适应电子对抗作战,要适应电磁环境的客观发展。

4. 开展对复杂电磁环境主要技术研究

复杂电磁环境研究既是系统性科学研究,又是极具实用性的应用研究。战场电磁环境研究的目的是系统地研究电磁现象的规律和特点,提高复杂集群、武器装备系统及装备体系对复杂电磁环境的适应性,进而控制、利用复杂电磁环境,以保证己方战斗力的有效发挥并最大的抑制敌方战斗力的发挥。要开展复杂电磁环境对战斗力影响的研究、电磁环境的频谱规划与管理技术研究、系统和武器装备的电磁兼容性技术研究、电磁武器技术研究、战场电磁环境特点与规律研究、战场电磁环境控制及利用研究、复杂电磁环境下的导航与定位技术研究等。

9.12 战场电磁频谱实时管理及电磁兼容性设计

9.12.1 概述

战场电磁频谱实时管理,是指在战场电磁环境极其复杂、电磁频谱资源相对短缺的作战条件下,对战场电磁频谱进行预先探测、实时监控、实时指配电磁频谱,确保己方有效使用频谱资源,进而达成作战目的。

未来高技术条件下的作战,参战力量不仅有陆、海、空等主要作战力量,而且还有地方支援力量参加,涉及通信、雷达、光电、导航、武器制导、气象等各种电子设备。由于电磁空间没有物理限制,随着信息技术的发展,地方上的通信、电视广播、航空、交通等信号几乎涵盖了作战的空间,涉及的频段也很多,还有一些违法的私人电台也擅自占领军用频率,使得军用与民用电磁频谱相互交织,异常复杂。再加上战时敌人占有的电磁频谱。如此繁多的电磁力量在有限的战场空间展开,要保证各电子信息装备能同时工作而避免相互干扰,必须对战场电磁频谱进行实时管理。

在海湾战争中,美军中央总部频率管理处为 7500 多部高频电台、1200 多部甚高频电台、7000 多部特高频电台分配了 35000 多个频率,确保了美军在作战中电子设备的正常工作。并且又组成了多国部队的频谱管理机构,实施及时有效的电磁频谱管理和无线电管制,为多国部队制定作战计划、实施指挥控制和协同作战提供了可靠保证,使电磁设备和武器系统的作用在复杂的电磁环境中得以有效发挥,给伊拉克军队以重创。

9.12.2 电磁频谱资源的国际组织和频谱管理的军事应用

电磁频谱在任何主权国家自己的地理区域内都是一种自然资

源,只有得到国家的允许才可使用。这种资源是非常宝贵而有限的。它可以被利用而不会消耗掉。不使用它会造成浪费,使用不当也会造成浪费甚至危害。必须对电磁频谱进行管理。电磁频谱管理融合了频谱控制技术(频谱检测与态势评估,干扰确定与消除,频谱划分与分配等)、频谱工程技术(发射机、接收机模型,天线模型,传播模型,同站址分析,减敏干扰预测与判决模型,频率干扰预测与判决模型等)及综合了一系列法规、协调程序的多种方法、方式的多学科复杂技术的系统工程。

频谱管理是一个国家的主权,所以各国对电磁频谱资源的利用和管理十分重视。所有的国家都有权分享和利用电磁频谱资源。为了国际间通信与友好协作的发展,各国应遵守国际电讯公约,互相防护,避免干扰。这样才有助于贸易、运输和各种交流的正常进行。国际电讯公约是由国际电讯联盟(ITU)及其支持团体指定的基本协议。ITU 有三个机构,这三个机构分别是世界无线电行政会议(WARC)、国际频率登记委员会(IFRB)、国际无线电咨询委员会(CCIR)。世界无线电行政会议处理所有无线电通信的服务业务,如太空、海上、航空等无线电通信业务;国际频率登记委员会登记国际电讯联盟成员国的频率分配、裁定成员国之间频谱干扰所产生的冲突;国际无线电咨询委员会提出频率分配的技术检验标准,检验国际无线电应用中出现的技术与应用问题。

美国的无线电频谱受美国联邦总统和美国联邦通信委员会双重管理。在军事方面,美国国防部及各军兵种都有自己的频谱管理机构。国防部下设军事通信电子委员会帮助国防部向全国电信和信息局划分频谱分配。而其中的联合频率小组是国防部频谱管理的主要协调机构。联合频率小组审查、部署、协调和执行国防部为军事通信电子委员会制定的各项指令、专题研究、报告、建议等。专题研究包括无线电频率工程与管理、无线电电波传播及电磁兼容。无论在战区或战术战场上,频谱管理始终是通信指挥管理的主要内容之一。实际上,频谱管理就是制定一些规定、规则和程序以确保无

线电频谱这种稀有资源能被所有用户合理共享,从而最大限度地满足他们的需求。或者说频谱管理是指对无线电频谱资源的协调、划分、指派和分配,目的在于充分合理地利用有限的频谱资源,确保各类无线电业务的有效进行。

在未来的军事战场上起码存在着三个独立的指挥控制频谱使用单元:武器系统、电子战系统和通信系统。这些系统需要的带宽不断增加。以前共同存在而不相互干扰的系统的频谱现在却相互侵占。频谱管理不仅要考虑通信系统的频率共用问题,而且必须考虑与情报/电子战、数据、导航、雷达及传感系统的频谱共用问题。还要考虑复杂设备和系统的电磁辐射影响问题。因而在未来战场上部队更需要整体的频谱规划与管理,必须将频谱管理纳入司令部(一般应由通信指挥部门或通信控制中心负责)的职权范围。

9.12.3 战场频谱管理系统

国际上美国、俄罗斯、英国等在频谱管理技术方面都比较先进,尤其是美军的战场频谱管理技术走在世界各军的前列。

(1) 战场频谱管理系统的职责

战场频谱管理系统的职责有四项:进行频率分配;对频谱管理中的数据库进行维护与管理;对频谱管理中的干扰进行解除;对频谱特征进行评估。

(2) 战场频谱管理系统的频谱分配

在现代战场上频谱管理系统不只是给用户的设备分配频谱,还有如下用途:

① 确定频谱需求情况

战场频谱需求是由用户作战需要所决定的。要结合理论与实践经验来很好的判断部队的频谱需求。作战计划与可用设备决定了实际的需求。有关数据可通过作战命令、标准作业程序与部队的通信部门主管进行交谈来获取。其数据分为下面几类:VHF-FM、VHF-AM、

UHF-AM、UHF-FM、HF 地波、HF 天波、多频道通信、卫星、雷达、干扰机、空地数据链、数据分发系统、导航设备、传感器、定向束能武器等。

② 获得所需要的资源

通常,军级部队可从战场频谱管理机构获得资源,师级以下部队可从军级部队或直接从战场频谱管理机构获得资源。计划人员越早确定频谱需求,频谱管理人员就越容易获得所需资源。

③ 寻求资源与需求的匹配

④ 给用户分配资源

频谱管理人员通过下级部队收集全部频率需求,并根据以下准则分配频率:网络的优先等级、在用设备、设备间隔、转发需求、频率使用限制等情况。

⑤ 对频谱的使用进行评估与优化

(3) 战场频谱管理系统的数据库管理

美军频谱管理的数据库包括:频率分配、记录了通信设备参数的文档、频率分配表、设备清单及索引、设备归类文件、国际电信联盟与国家无线电规则、军事条例、操作与使用手册、简易手册、各种设备的常用工具等。需要经常进行数据库的维护,即查看并根据变化进行调整分配记录。并且利用数据库管理的自动化设备来辅助频谱管理员有效的分配有限的频谱资源。

(4) 战场频谱管理系统的干扰解除

对战场频谱管理系统的所有干扰并不是采用一种方法就可以解除,而是用多种方法。可以从时间共享、频谱共享、天线分割等方面考虑。这里可分为无意干扰和有意干扰。无意干扰是指在电磁能量的辐射、发射或信息传送过程中无意地引起受到电磁辐射的电子设备所标称的功能下降、破坏或整个系统产生故障。无意干扰可能来自通信装置(如无意的友军无线电台或雷达或敌方的无线电台和雷达),也可能来自非通信装置(如车辆发动机或焊机等)在得知有未消除的无意干扰之后,频谱管理员或参谋人员应当进行以下

工作:

- 设法使电子战人员帮助识别干扰源;
- 建议受影响的用户进行物理位移;
- 提出无意干扰的容限 (设备正常工作的干扰限制量);
- 适当变化频率的分配。

另外,负责电子战的军官或情报参谋可能检测到敌方的电磁干扰或敌施放的有意干扰,识别确认后报告频谱管理员。战场频谱管理员的基本职责是对频谱进行计划,而情报与电子战管理的基本职责是占据战场优势。战场频谱管理员必须管理电磁频谱,必须了解友军情报系统和电子战发射机的特性,必须参加到规划和执行情报与电子战的任务中去。在美军,指挥控制司令部采用不同的方式处理假情报、侵扰、信号阻塞和干扰,有的由电子战参谋分队负责处理,有的由频谱管理员负责处理。这里“假情报、侵扰、信号阻塞和干扰”的前三部分主要与电子战人员有关,第四部分主要与频谱管理员有关。但解决“假情报、侵扰、信号阻塞”的事件必须在频谱管理员的配合下进行。

通常系统在遇到干扰情况时,操作人员应首先辨别是无意干扰还是有意的人为干扰。如果是自然现象引起的无意干扰,操作人员应试图克服干扰,如果不行就重新调整战场频率。如果怀疑是人为的干扰(可能是己方机器故障与不合理的连接引起或友邻部队的不兼容引起,或敌方故意施放干扰引起)就要采取相关措施和程序去除干扰。

(5) 战场频谱管理系统的频谱特征评估

频谱信号特征是由一个装置或一批装置产生的特定的图案。这些装置包括:通信设备、电源、车辆发动机、焊机和指挥所各种设施(如无线电场所、机场、发动机组、前方地域供应新武器/油料补给点)产生的电磁辐射。由多个变量形成一个图案,它包括时间、地理领域、数量、型号、频率、发射机功率等。这些变量组成了可识别的电磁信号特征。频谱管理员是了解频谱信号特征要害的关键

人物。频谱信号特征的评估是战场频谱管理员的一项职责。频谱信号特征评估的目的是要评估部队电子设施的频谱信号特征可识别的程度,还要给执行任务的指挥员提供指导以便减少指挥上的薄弱环节。

(6) 战场频谱管理软件

美军已开发了许多基于程序的个人计算机辅助频谱管理系统。这些具有现代数据库系统的自动化手段将增强各级战场频谱管理能力。目前正在野战使用或正在开发的自动频率管理软件有:

- ATFES: 陆军战术频率设计系统;
- SPEED: 海军陆战队系统规划、设计、评估设备;
- EMCAS: 电磁兼容性保证软件;
- AFES: 陆军频率设计软件;
- ISYSCON BSM: 综合系统控制战场频谱管理;
- BECS: 战场电子通信电子作业指令系统;
- MSE SCC: 系统控制中心;
- MSE FURIES: 频率利用资源综合和设计系统;
- JSMS: 联合频谱管理系统;
- ASPECTS: 自动频谱规划工程、协调与跟踪系统。

其中 ASPECTS (自动频谱规划工程、协调与跟踪系统) 系统能生成频率分配协议,具有自动频率分配表的频率分配数据库,并能提供联机频率分配目录,还能用图表表示出本地通信环境。

其中 JSMS (联合频谱管理系统) 系统,特别是 Widows 环境下的联合频谱管理系统 (JSMSv) 是一套由联合频谱中心提供的、基于个人电脑的软件系统,用于和平、应急和战争时期支援联合频谱管理。

和平时期,联合参谋部将在其固定指挥所使用 JSMSv,协助演习计划的制定和执行阶段以及常规性频谱管理业务方面复杂的频谱管理任务;在战争环境中,JSMSv 将被联合参谋部用来执行联军的频谱管理。它能支持和平向战争过渡期间的多项功能,如责任区

域的频谱分配、地形资料与装备特性的管理以及战术限制。特别地, JSMSv 允许用户检索给定相关区域基于用户定义标准(频率、日期、类型记录等)的频率分配值。被检索的记录能通过标准频率活动格式看到,也可以被标记在地形数据图上。当进行详细的工程分析时,用户还可以通过此系统获取装备的特性资料。JSMSv 为用户提供的功能有:频率分配、干扰分析、消除电子战冲突、频谱认证、工程工具、审核、联合保密频率表制定、干扰报告的撰写、分配计划制定和系统管理。JSMSv 还有工程默认功能,使不太熟练的用户进行全谱与干扰分析,即使在频率数据库缺少部队数据时也能进行。

其中 BECS(战场电子通信电子作业指令系统)系统,给主要基层单位的指挥员在指定呼号和频率分配方面提供有效的自主性,从根本上摆脱了硬性控制通信保密责任的方法。

9.12.4 战场电磁频谱实时管理系统功能和管理过程

系统主要包括战场电磁频谱数据管理功能、战场电磁频谱实时筹划等功能。

通过一体化的侦察监视体系,在平时和战时不间断地收集战场电磁频谱信息。根据侦察获取的信息,构建战场电磁频谱数据库,将有关作战装备的频率使用信息、作战区内电磁环境资料及敌方电磁设备相关分析资料等归整起来。

此外,战场电磁频谱实时管理系统还应能接受从各信息源上报的有关电磁频谱信息,并按相关处理准则进行分类、处理、存储、显示,使指挥员能实时掌握战场电磁频谱综合情况。

根据战时战场变化情况,制定电磁频谱使用计划,对电子设备的使用进行控制(包括工作时间、方式、空域、时域等)。从而使作战部队的电磁频谱几乎无干扰的使用,确保了作战中电子设备的正常工作。

战场电磁频谱实时管理过程一般分为战场频谱使用预测分析、

战场频谱使用优先等级划分和战场频谱实时指配三个阶段。

战场频谱使用预测分析就是通过战场电磁频谱侦察系统提前获取战场电磁环境信息，初步确定区内可用的电磁频段，并通过不间断地侦测掌握区内电磁频谱实时变化状态，为频率指配提供基础数据。

战场频谱使用优先等级划分是在频谱使用预测分析的基础上进行的。优先等级的确定一般以对作战结果的影响程度而定。即主要作战方向、级别越高的作战单位的频谱使用优先等级越高，通过评估、量化使频谱管理更具有精确性和高效的操作性，为进行电磁频谱实时管理提供可能。

战场频谱使用实时指配是在对战场频谱使用预测的基础上，在确定了各电子信息装备使用电磁频谱的优先等级前提下对要求使用的新频率（如我方装备遭到敌干扰而要求变更频率；对敌方新出现的频率，我方请求予以干扰等）进行指配。通过实时的电磁频谱指配，可以充分利用有限的频谱资源，确保己方不相互干扰和有效地干扰敌方，发挥己方整体作战效能。

9.12.5 多频谱资源综合利用和战场自动化实时频谱管理技术

现代战争中要完成对三维战场的监视、侦察、导航定位和通信等，靠单一频谱是难以奏效的。必须进行多频段的综合和互补的合理设计与选择。为了获得更多、更精确的目标信息，需要发展超光谱、特超光谱成像技术，以实现微波、红外、光谱、超光谱、特超光谱的频谱资源综合利用。另外，在多变的战场上有复杂、众多应用的频率（如通信、雷达、电子战等系统和设备中）。这些频率在作战环境中需要根据不同的作战意图随时进行变化，这就必须进行自动化实时频谱管理。实现自动化实时频谱管理要着重解决以下技术问题：

- 进行战场频谱管理的需求变化研究；

- 研究和制定适合军事战场频谱管理的体制；
- 制定部队无线电管理法规与技术标准；
- 进行最佳频谱指配和分布研究；
- 进行频率过载技术研究；
- 进行电磁频谱检测技术研究；
- 进行频谱管理数据库建设及数据库管理研究；
- 电磁频谱特征与频谱态势图可视化及其评估技术研究；
- 动态频率调整预案与业务覆盖范围态势图技术研究；
- 电磁干扰态势图与分析技术研究；
- 台站间电磁兼容态势图与分析技术研究；
- 频谱管理控制中心对外信息交换内容、形式及技术实现研究等。

总之频谱资源的有效开发、合理利用及战场上频率的实时分配、管理是未来战争中作战双方充分发挥综合信息系统效能的关键环节。大力开发和研究多频谱资源的有效综合利用和自动化战场实时频率管理技术是十分必要的。

9.12.6 战场频谱管理发展趋势

实时战场电磁频谱管理是一项复杂艰巨的任务，单纯依靠人力对战场电磁频谱进行实时管理很不现实，根本满足不了现代作战的需求。因此，研制出能自动、具有一定智能的电磁频谱管理系统，利用该系统对战场电磁频谱实现实时监测、分析、指配，从而对电磁频谱实现实时管理。

未来的战场电磁频谱实时管理系统应当以战场频管中心为核心，通过不间断地电子侦察获取战场电磁频谱使用情况，在此基础上进行科学分析，实施分配电磁频谱。频管中心通过信息网络实时获取各侦察单元收集的电磁频谱信息，结合己方作战中电磁信息装备优先等级进行统一编排，整体筹划，及时决策具体的频谱使用情

况。通过构建战时电磁频谱实时管理系统,实现对电磁频谱的实时管理是战争发展的必然。

(1) C4ISR 系统设备对频谱管理要求的迅速增加,使可用的频率资源出现短缺。指挥员与战场频谱管理者都需要有自动化手段来有效的管理其频率资源,并制定全面的规划。

(2) 频谱管理资源的开发应与通信技术的发展相同步。尽管频谱计划目前已有许多现成的具有最新水平的工具可使用,但频谱管理中干扰的识别和解决仍未有完全突破。因此战场干扰的识别和控制能力的研究将使频谱管理迎接新的挑战。因为在频谱管理中可分为两个主要方面:频率的分配与管理,干扰的检测、报告与解决。前者与军事通信系统同步发展而日趋成熟,而后者还未真正解决。随着频率资源的利用和共享以及对该资源需求的与日俱增,必须更严密的监测频谱的使用情况。当干扰发生时,必须立即对干扰进行识别、报告和解决。干扰的管理及精确频率数据库的管理将是 21 世纪频谱管理面临的重大挑战。

(3) 由于现代化的电台基本上都是受软件驱动的并且在研制时就考虑到了连网问题。因此以网络管理理念来考虑频谱利用和干扰管理,或用网络管理技术来控制这两个领域将成为可能。

9.12.7 电磁干扰和电磁兼容性

1. 概述

在战术部队的作战战场上,在有限的区域内使用非常多的发射接收器。这些发射和接收器可能是指挥控制通信系统、战场监视系统、武器系统、电子战系统和野外计算机系统中的一部分。现代战争跨越陆、海、空作战,只要在同一区域内有服务的其中两方或者是全部共同运作时,高密度的电磁环境存在于布置战术军队的操作中,战术部队的作战战场上肯定要受电磁环境的折磨。作业区内的电磁环境由于以下原因更加拥挤:

- 和平时期, 公共广播和通信网络、电视、雷达、准军事军队和其他电子系统在区域内继续工作;
- 敌方军队的通信电子系统;
- 己方和敌方的电子战行为。

在陆地战场中, $200\text{km} \times 200\text{km}$ 区域内发射器和接收器密度可达 10000 到 12 000 台(个)。由区域内的通信设备、战场监视设备、预警、目标探测和制导雷达、武器控制系统、距离测量和导航设备以及飞机电子设备等组成。平台上系统间的相互影响像坦克、装甲人员运输车或指挥车/战地指挥所等也对环境起作用。

2. 电磁干扰对军事电子信息系统的影响

军事电子信息系统非常依赖自动化系统, 而通信支持是其生命支持系统, 如果没有通信, 是无法打赢一场战争的。武器系统、制导武器很大程度上依赖于电子支持, 如果雷达或成套通信连接发生故障, 监视、预警系统和防空就不能起作用。火控系统的各个部件也遍布整个战场的不同指挥所中, 从观察所指挥官到计算机。尽管在 C^3I 的字母缩写里, 通信是第三个字母, 但是它和指挥及控制同样重要, 因为如果你不能够了解你的下属, 你就既无法进行指挥也无法进行控制。

抑制电磁干扰的失败可能导致电器设备或电子设备发生相互干扰, 导致操作时灾难性的失败。不但对通信产生反作用从而腐蚀指挥和控制结构, 而且可能影响下列至关重要的领域:

- (1) 雷达失去判断力以及监视系统崩溃。
- (2) 武器系统发生故障以致用雷达自动跟踪错误目标。
- (3) 导航系统破坏。

(4) 如果点火电路感应到足够强度的信号, 会过早引爆炸药。这会导致导弹的意外发射。相反地, 也可能发生炸药成为哑弹的情况。

(5) 如果有人员在场的区域允许大功率电磁辐射的存在, 将对人体器官造成伤害。

3. 电磁干扰的基本起因

由于产生电磁干扰设备的复杂性以及受到电磁干扰影响同样复杂的设备,电磁干扰和电磁兼容性是非常复杂的问题。除此之外,电磁波的习性也很复杂,这样,大量的复杂位置混合可引起干扰的相关参数太多,所以,必须从总体上采用数学模拟来考查这个问题。下面是部分有关电磁干扰易感性的基本起因。

(1)电磁干扰会直接影响接收器,会使接收器的部件不能工作,从而降低了接收器的功能。

(2)除了可从接收器的窗口直接输入能量外,也可从其他后门输入能量。它们是:

- 电磁干扰可能引起接收器的放大级在其转移特性非线性部分工作,导致接收器像混频器或调节器一样工作,对预期信号不敏感;
- 电磁干扰交叉调制预期信号以引起干扰;
- 两个无线电频率信号以及其他预期信号的调制,产生可能落入接收器通频带或窗口的频率;
- 由于电磁干扰引起放大器非线性,而产生的谐波可耦合到天线上,引起干扰;
- 接收器谐波局部振荡器可与电磁干扰信号相混合产生干扰;
- 各种情况相互混合以致捉摸不定。假定战场情况是在 $200\text{km} \times 200\text{km}$ 范围内放有超过 10000 个发射器的情况下,一切将很糟糕。

4. 电子信息系统中预防电磁干扰的相关措施

必须克服电磁干扰,才能够达到电磁兼容性。电磁兼容性(EMC)是电子系统和设备的重要性能指标之一,在系统研制中,应对 EMC 提出明确的指标要求,这些指标要求将作为系统 EMC 设计的依据。防电磁泄露 TEMPEST 属于 EMC 的一个特殊的分支,

TEMPEST 从信息保密的角度,对设备提出更高的要求。电磁干扰有很大一部分是产生于自身设计有问题的设备。因此,首先要做的第一步就是设计好自己的设备。一个好的设计可以减少寄生辐射,但是不可能完全消除它们。同样,有时这些设计特点会增加过高的成本或加大尺寸、重量到无法接受的程度。因此,在设计中要全面地考虑这些因素。

9.12.8 系统和设备的电磁兼容性设计与防电磁泄露设计

1. 电子信息系统设备的电磁兼容性设计考虑

(1) 设备选型的电磁兼容性考虑

设备的选型与采购要考虑电磁兼容性指标,原则上要符合 GJB151A-97 标准要求。必须严格依据技术要求筛选元器件。整个设计必须确保筛选出到目前为止产生最小辐射的元件。

(2) 舱体与车(载体)

舱体是抑制外部电磁波进入其内的最重要环节之一,其屏蔽效果好坏直接影响到内部各设备能否正常工作。在进行电磁屏蔽设计时,应综合运用舱体结构设计、屏蔽门设计、屏蔽窗设计、信号孔口板与电源孔口屏蔽设计、接地设计等相关技术,以满足屏蔽效能等级要求。

一般宜采用大板式方舱,方舱外部应有接地点,对其生产加工工艺、材料、密封、铆接压力、通风、走线等,都应提出相应要求,以确保满足电磁屏蔽性能指标要求。

舱车应尽可能采用柴油机发动机,以避免火花干扰。车辆点火系统的无线电干扰指标应符合 GJB6279 的要求。

(3) 舱内设备布局

在舱内空间允许的情况下,必须从电磁兼容的角度安排设备的布局,要首先分清哪些设备是干扰源,哪些设备是敏感单元,尽可能使之远离。

油机发电机在车上工作时，必须严格控制其传导发射和辐射发射。在车下工作时，要摆开一定距离。

(4) 舱内照明

照明避免采用荧光灯，以免对计算机屏幕显示形成干扰。

(5) 搭接

搭接是指两金属构件之间稳定、牢固、低阻抗的电连接。方舱内所有独立的金属构件均应通过搭接连接，形成一个电气上连接的整体，这样可避免在不同金属构件之间形成电位差，因为这些电位差往往是产生电磁干扰的原因之一。

搭接的工艺要求可按 GJBz0008 中 4.1.1 条的要求进行。

(6) 设备接地

接地是在设备和大地或共同参照面之间建立电流通路的方法。有时候接地经常被忽视。如果接地使用恰当，可以挽救设备、预防电击事故以及在雷击时保护建筑物。接地可确保因电磁干扰聚集的寄生电荷奔泄到大地，起到对通信设备的缓和作用。

车载系统和设备的接地问题是一个必须仔细设计的技术环节。对地线的分类、材料尺寸、安装工艺、接地电阻等要求，可参照 GJBz0008 中 3.2.7 和 4.1.2 条，以及 GJB/Z25 中的有关内容进行。

接地系统必须保证信号地、交流地、保护地三种地线严格分开，相互绝缘，最后汇总一点接地，并设接地桩。舱车内电气回路对地及回路间的绝缘电阻应有一定的限制（在一定环境温度和一定相对湿度情况下）。

接地问题处理得好坏直接关系到整台设备的电磁兼容性能的高低。在工程上高频电路中应尽量使用铜片作为系统的地线，从而降低地线本身的阻抗。并且接地方法应该尽量采用多点接地方式。也即是系统中的每一个接地点都通过接地线连接到距它最近的接地平面上，从而缩短接地线的长度。

(7) 避雷

采取总体避雷措施，方舱和载体车均要设置接地避雷线。

(8) 适当使用滤波器减少干扰级别。应该在干扰的源头而不是在受害的末端使用滤波器, 以使其有效。

(9) 印制电路板的线路布置非常关键。互连电线的长度要尽可能短, 因为它们往往会像天线一样辐射。用去耦技术隔离产生高辐射的高速电路。

2. 电子信息系统中系统电磁兼容性设计考虑

必须重视设计(包括子系统等)整个系统的电磁兼容性。比方说, 包括多数量子系统的某武器系统, 这些子系统有特高频/高频无线电设备、传感器、红外设备、目标捕获系统、火控系统。所有这些系统必须和平共存, 并且电磁兼容性要好。系统必须被当作一个整体来考虑, 并且在设计最初的时候就正确处理好, 否则永远不可能实现电磁兼容。

3. 操纵兼容性设计考虑

(1) 对频率操纵控制。允许设备识别并提高对预期信号的反应, 设备的设计在某种程度上要具有对其他频率干扰信号的防护。当然设计一个在某一频率上有输出或反应, 而在其他频率上却完全没有输出或反应的设备是不可能的。设计试图在预期与非预期输出或反应间达到一种合理折中方案。

(2) 时间管理控制。它可在预期信号和干扰信号间提供某些辨别力。信号可能只允许以某种预定时间序列或程序传输, 接收设备可以同样的方式对其他时间的程序关闭, 这样, 接收设备将只对正确时间序列做出反应。然而, 当有干扰信号或干扰信号的组合偶然进入正确时间序列时, 干扰仍旧会存在。

(3) 布局 and 天线管理控制。限制辐射以及功能信号的传导到其所需区域, 可以更深层次地控制干扰。可利用天线的特殊特性局部限制特殊方向上的辐射和/或电磁能量的接收。在许多案例中, 利用定向天线提供对于辐射或其他任何所需方向的干扰信号辨别力。

4. 防电磁泄露设计考虑

防电磁泄露 Tempest 设计，在此仅把计算机显示终端的电磁辐射泄露问题给予特殊的设计考虑。

(1) 采用液晶显示屏

随着液晶显示技术的发展，采用液晶显示计算机终端较为合适，这种显示器明显地减少了电磁辐射泄露，而且薄厚只有几厘米，大大节省了车内宝贵的空间。对不能采用液晶显示屏的计算机设备，在屏幕前加导电玻璃防护罩。

(2) 方舱之间信息交互可采用光缆连接。

(3) 屏蔽是减少不必要辐射、减少噪声到最小的方法。使用不允许电磁波传播的材料来进行屏蔽。屏蔽由元件级开始，发展到插件级和系统级。甚至可以屏蔽建筑物。

第 10 章 系统质量保证与 可靠性设计技术

10.1 系统质量保证和标准化要求

10.1.1 概述

军事综合电子信息系统强调的是人机交互系统，是软件处于重要地位的系统，而软件又与负责特定任务的各级指挥员、参谋人员的习惯处理方法密切相关。所以，在一个工程中它允许用户需求一次不能提得十分准确而不断变化和完善。从而使原先所编的软件也随着时间和使用的变化而不断修改。这样，系统的建设目标（功能与性能）及使用效益也是渐进获取的，即强调在使用维护中不断改进、不断完善、不断发挥效益，使之跟上迅速发展的技术和不断提高的需求，延长系统的使用寿命。所以，系统交付用户后的试运行和使用修改改进是系统建设不可缺少的重要环节和阶段。由此可知，在开始概算经费时应当将这部分工作量加进去，而不能只算到研制部门交付用户使用时间前的工作量。基于此情况和特点，综和电子信息系统工程的研制程序与一般工程不完全相同。研制程序中应将一般工程中的“设计定型阶段和生产定型阶段”淡化，而另加上“系统试运行阶段和系统使用维护修改阶段”。也可以引入“系统原型”阶段。另外，这种系统与一般武器系统的区别还在于：指挥管理信息系统建设中以开发适用的软件为主，软件的工作量很大。系统功能比较复杂，其系统的参与者不但是技术保障人员，还

有各级指挥员、参谋人员等。正如美国国防部发布的研制 C³I 系统程序 5000-2 指令指出,研制指挥控制系统的特性完全不同于武器系统,不能用传统的方法研制,这些系统大都涉及到指挥员及参谋员的决策制定和决策执行活动。并且在 C³I 系统中,人机界面要求高,注重战术和人机应用。指挥控制信息系统的成果不只是硬件系统,而还有比硬件更为重要的软件(主要由文档体现)系统。所以软件与文档资料系统质量保证是非常重要的。

10.1.2 质量保证

质量问题是工程建设中第一重要问题,是贯穿工程研制的生命线。由于系统特别是在军事装备系统日益复杂化和高新技术的大量采用及对系统越来越苛刻的要求的情况下,使得可靠性、维修性、安全性、保障性的问题更加尖锐,质量问题决不能忽视。要在质量管理体系、系统的软件、硬件质量管理、技术文档的管理等方面来保证工程研制的质量。

(1) 工程质量管理体系

工程质量管理体系的核心是质量责任制。在工程研制中承制单位的法人代表要对工程质量及质量管理负全责。要成立工程研制的行政指挥线和技术指挥线。行政指挥线分管质量管理责任;技术指挥线设总设计师和质量师,总设计师负责工程质量的设计试验,质量师协同设计师系统开展质量管理,并负责监督有关质量的贯彻执行。

(2) 工程中硬件设备的质量管理

- 硬件设备(包括外购设备)必须经过质量保证体系考核;
- 研制单位必须编制质量保证大纲和相关手册;
- 进行研制过程控制,特别注意一些新技术、新器材的采用,必须经过充分论证、试验和鉴定,方可引入新产品的设计。一个系统中新技术、新器材的采用比例一般不要超过百分之五十到百分之六十;

- 外购器材控制，研制单位应编制合格器材供应单位名单，作为选用、采购的依据；
- 必须贯彻与质量有关的各种法规。

(3) 工程中软件的质量管理

工程中软件的质量管理是整个工程质量管理的重要组成部分。为了使软件质量得到保证，软件开发人员和管理人员必须认真贯彻国标、国军标中有关“软件质量保证规范”的要求，按规范要求运行软件开发、软件管理。其主要内容有：

- 对软件文档的要求；
- 对软件开发过程中进行评审和审查的要求；
- 对软件介质管理的要求；
- 对软件问题的报告和软件修改的要求；
- 对软件的配置要求、版本管理要求、测试要求；
- 对软件的维护、保存的要求等。

另外，尽量采用先进的软件开发工具以提高软件开发的质量。要按照软件工程化的要求进行软件的需求、设计和质量评审。

(4) 工程技术文件（文档）管理

工程技术文件如方案论证报告、设计报告（包括软件设计）、需求调研报告、试验报告等是保证工程研制质量的重要环节，必须加强管理。

进行工程设计文件（文档）的齐套性管理。要有总设计师系统和计划管理部门提出，列出工程研制各阶段应当编制的各种技术文件（包括软件文档）一览表，并由质量部门会签。

加强文件（文档）质量的管理。总设计师系统和计划管理部门应给出各种工程设计文件的具体要求，使文件编制人员有据可依，也保证了文件的全面性、合理性。

总设计师与总质量师应对各种技术文件会签，以示负责。

10.1.3 标准化

在工程研制中可设标准化师（可以兼任），协助总设计师主管标准化工作。系统工程研制中的标准化要求如下：

（1）标准化工作的主要原则

- 优先采用和贯彻各级（国家、行业）各类相关标准；
- 对国际标准或国外先进标准应“认真研究、积极采用、区别对待”；
- 执行国家计量法的有关规定；
- 系统研制中应贯彻通用化、系列化、组合化、模块化原则；
- 系统中的各分系统要坚持统一标准、统一裁决、统一协调的原则。

（2）系统中必须认真贯彻有关方面的标准

为了搞好系统的方案论证、总体设计、研制开发、质量检验和装备购置，必须重视一体化技术体系结构，即指挥自动化系统体系结构中的技术体系结构。使各研制和使用部门共同执行一套最低限度的标准和实施标准技术指南。必须认真贯彻的主要标准有如下方面：

- 网络通信方面的标准；
- 计算机网络方面的标准；
- 软件开发方面的标准；
- 文电处理方面的标准；
- 图形、图像处理方面的标准；
- 数据库安全保密方面的标准；
- 多媒体技术方面的标准；
- 设备与环境要求方面的标准；
- 电磁兼容方面的标准；
- 质量管理方面的标准；

- 可靠性方面的标准;
- 系统与设备装载方面的标准等。

(3) 系统中标准化工作的具体要求

① 系统采用标准的要求

硬件的选型与研制、软件设计与开发、结构设计、信息格式、信息代码、检验和评审都必须按战技指标要求和系统价格性能比来进行。

② 系列化、组合化、通用化方面的要求

系统的软件、硬件配置,凡在功能与性能上可满足使用要求的均采用统一产品(或构件),以减少品种规格。设备内部的另、部、整件的结构形式、尺寸参数应尽量通用。系统中的软件与硬件可运用模块组合,便于系统扩充。

③ 接口和互换性要求

要按战技要求统一通信接口、编程接口和终端用户接口,包括硬件接口与软件接口,统一系统管理和售后服务管理,统一信息格式和数据格式,以保证互连互通、互操作。所研制的设备与软件应具有向上兼容性。

④ 贯彻重大标准的措施

要对可靠性、维修性、安全性、电磁兼容性、环境适应性等通用基础标准结合战技指标要求和实际使用环境等情况进行具体分析和合理剪裁,并在研制过程中贯彻始终。要对重大技术基础标准的贯彻情况进行监督检查。

⑤ 技术文件的编制要求

技术文件(包括设计文件、工艺文件、检验文件、软件文档及其他技术资料)的种类和数量必须满足设计、生产、测试和用户使用的要求,其编制和管理应符合有关标准的要求。技术文件的编制应与设计相同步,并确保文、图、物相一致。

10.2 系统可靠性及其计算方法

10.2.1 系统中硬件可靠性

工程中的可靠性包括硬件系统与软件系统的可靠性。硬件系统可靠性可用具体指标衡量,而软件系统的可靠性至今还没有公认的具体指标来衡量。所以下面提到的可靠性一般都是指硬件设备和系统的可靠性。有时候研制系统中的许多设备为外购设备,研制者无法对其进行可靠性设计。这就必须在设备选型和设备采购过程中充分考虑可靠性要求和限定。并以此做为可靠性计算评估的基础。在综合电子信息系统中一般硬件系统的可靠性指标可分为设备可靠性指标和系统可靠性指标。

(1) 设备可靠性指标类型

设备可靠性指标一般用设备的平均无故障时间 (MTBF) 和设备平均维修时间 (MTTR) 表示。比如:

- 一般设备 (如外设、辅助设备、油机发电机、电台、UPS)
 $MTBF \geq \text{某小时}$;
- 一般计算机设备的 $MTBF \geq \text{某小时}$;
- 网络设备 (如路由器、LAN、HUB) 的 $MTBF \geq \text{某小时}$;
- 网络通信服务器设备的 $MTBF \geq \text{某小时}$;
- 数据库服务器设备的 $MTBF \geq \text{某小时}$;
- 设备平均维修时间 $MTTR \leq \text{某分钟}$ 。

(2) 系统可靠性指标

系统可靠性指标一般可用系统的有效度 (A) 来表示。比如:

- 系统全功能运行有效度 $A1 \geq X\%$
- 系统主要功能运行有效度 $A2 \geq Y\%$
- 系统最低功能运行有效度 $A3 \geq Z\%$ 。

应当指出,可靠性指标的确定是一项很复杂的论证工作。可靠性指标要求过高,将增加设备或系统的研制难度、周期与成本,甚至使研制工作失败;可靠性指标过低,则影响系统的使用效能,增加维护使用的工作量与费用。因此设备或系统可靠性指标的确定必须综合平衡各种因素。求得设备或系统性能既符合战术技术要求,又符合研制周期短、经济性好的方案。可靠性指标确定的方法较多,比如应用成本—性能—可靠性曲线求解方法等。

10.2.2 工程研制中的可靠性措施

系统研制中可采取如下可靠性措施:

(1) 系统中的关键设备如通信网络服务器,采用双机热备份工作。

(2) 主要设备应有工作储备冗余,如集线器(LAN HUB)。

(3) 外购设备要确保质量。

(4) 零、部件和有关设备在装用前要经过老化处理和认真检验测试。

(5) 系统中的设备布局、工作台设计等要注意可维修性要求,一旦发生故障便于维修,以缩短 MTTR。

(6) 系统中技术功能相似的台位必要时能相互替代,保证系统的基本功能。

(7) 系统中软件模块、硬件设备部件均应有自检及故障自诊断能力,准确及时报告故障部位、故障性质,以便维修;系统监控台能监视整个系统运行情况,指示工作状态。

(8) 软件故障或误操作应能自动处理,提示重新操作,不能出现死机等现象。

(9) 做好软件可靠性设计,认真执行软件工程标准(如 GJB-438-88 和一些新标准等)。

(10) 强调软件测试,其主要内容有:

- 系统功能的正确性及系统的规范性;
- 系统的健壮性 (系统不失效的能力等);
- 系统的安全性;
- 系统的易用性 (易理解性、易学性、易操作性);
- 软件对计算机资源的使用效率。

(11) 严格软件的版本管理。

在 ISO9000 质量标准中, 软件配置管理定义为提供一个对软件项的正式版本进行标识、控制和追踪的结构。在许多情况下, 正在使用的版本同样必须维护和控制。PVCS 能够标识、控制和追踪任何类型的软件项。

10.2.3 工程研制中软件可靠性的考虑

1. 软件可靠性

软件可靠性是指在规定条件下和规定时间内, 软件正确执行规定的功能且不引起系统失效的能力。

在综合电子信息系统中, 软件包括系统软件、支持软件和应用软件。其中系统软件与支持软件是系统的软件开发平台, 它们可以纳入到硬件的可靠性指标中, 根据用户给出的指标而求出。而应用软件的出错可能导致系统的轻微故障或致命故障。可以认为, 软件可靠性主要是指应用软件的可靠性。所以应用软件与系统硬件、系统软件、支持软件等构成了串联关系。

系统中软件可靠性目前很难用数据来衡量, 软件可靠性的具体指标很难提出。导致软件故障的因素较多, 有软件本身设计的问题, 有计算机病毒影响和外界电磁干扰使运行程序出错等问题。

为了使软件质量和可靠性得到保证, 软件开发人员和管理人员必须认真贯彻国军标“军用软件质量保证规范 (GJB439-88)” 和软件工程化等要求进行软件开发、软件管理和移交。主要内容有:

- 为使应用软件满足用户要求,要认真组织好多次的软件需求调研;
- 对软件文档的要求;
- 对软件开发过程中进行评审和审查的要求;
- 对软件介质管理要求;
- 对软件问题的报告和软件修改要求;
- 对软件的配置要求,版本管理要求和测试要求(测试要求中的部分内容);
- 对交付软件的维护、保存等要求。

2. 软件可靠性模型

软件可靠性建模是软件可靠性评估的主要方法之一。随着人们对可靠性的重视,在软件可靠性建模方面已获得许多成果。但现在还没有一个真正可适用于所有软件项目的通用模型,所以软件可靠性模型的选择已成为一个重要的研究方向。软件可靠性模型选择的难点在于各模型基于不同的假设,并有多种评估准则。软件可靠性模型的选择是一个复杂的决策过程。正确的决策需要建立在对知识充分掌握的基础上。目前,软件可靠性模型的选择主要依靠决策者的经验。这就阻碍了软件可靠性模型的应用与推广。数据挖掘技术利用庞大的历史积累数据,通过机器的自学习能力,智能地分析、拟合现实软件失效数据与数据仓库中的历史数据,从而可选择比较适合的可靠性模型。

软件可靠性模型主要有两类:基于失效数的方法,如 J-M 模型、Schneidewind 法等;基于结构的方法,如 Eckhardt-Lee 法, Littlewood-Miller 法等。此外,还有 GO 模型、LV 模型等。

(1) shooman 模型

该模型是在两个假设条件下导出的:其一是故障率 $\lambda(t)$ 与系统中剩余错误数成正比;其二是错误的修正不会引起新的错误。

设程序中原有错误数为 N , 经 τ 时间后已经排除的错误数为

$N_c(\tau)$, 那么剩余错误数为 $N_r(\tau) = N - N_c(\tau)$; 又设程序长度为 I , $\lambda(t)$ 与单位程序长度的剩余错误数的比例系数为 K , 即

$$\lambda(t) = KN_r(\tau)/I = K[N - N_c(\tau)]/I$$

这里 $\lambda(t)$ 为产品的故障概率, 它与可靠度 $R(t)$ 的关系可表示为:

$$R(t) = \exp\{-\int \lambda(t)dt\}$$

从而得:

$$R(t) = \exp\{-K[N/I - N_c(\tau)/I]t\}$$

(2) jelinski-moranda (J-M) 模型

J-M 模型和 shooman 模型基本一致, 但它把排错当作分离事件。假设在第 i 次观察时, 排除的错误数为 $n(i)$, 又假设在排错过程中不带来新的错误, 程序中原有的错误数 N , 那么剩余错误数为 $N - n(i)$ 。如果 $\lambda(t)$ 与剩余错误数成正比, 则 $\lambda(t) = K[N - n(i)]$, 根据前面分析可得:

$$R(t) = \exp\{-K[N - n(i)]t\}$$

(3) Schneidewind 模型

Schneidewind 模型是美国国家标准 ANSI/AIAAR-013-1992 推荐的主要模型之一。该模型假定:

- 在一个时间段内查出的出错数与其他时间段的出错统计数无关;
- 只统计新的错误;
- 纠错率与待纠错数成正比;
- 软件的运行方式与实际使用方式相似;
- 所有的时间段长度相同;
- 检错率正比于测试时软件的错误数。

设第 i 时间段的检错率表示为: $\lambda_i = \alpha \exp\{-\beta_i\}$

其中 α 是测试前的出错率, β 是对出错率有影响的比例常数。

可以求出, 在规定时间 t 内发现的出错数为:

$$N(t) = (\alpha/\beta)(1 - \exp(-\beta t))$$

则 MTBF = $t/N(t)$, 软件可靠度为:

$$R(t)=\exp\{-t/MTBF\}$$

3. 软件可靠性设计

据统计, 软件在开发过程中约有 50% 以上的错误出于规范问题。因此软件设计必须遵循软件规则进行。提高软件可靠性的设计方法主要有以下几种。

(1) 软件模块化设计

模块化编程就是将程序需求分解成独立的、较小的程序需求或模块, 每个模块都能独立确定、编写和测试。使得所有问题更容易理解, 并且这是减少错误范围使工作易于检查的非常重要的因素。每一个模块规范必须说明与其他程序部分的关系, 所以, 所有的输入和输出都必须确定。

(2) 软件结构化设计

结构化编程是约束程序员使用清晰的、明确定义的方法进行编程设计的方法。它不允许自由化设计。要求使用具有单入口和单出口的控制结构, 使产生的错误数减少, 并且更清晰、更容易维护。

(3) 故障容错设计

程序的编写应保证出现的错误不会造成严重的后果或不会使程序完全失效。故障容错的重要特征之一是软件的健壮性。一个程序应该适当发现其错误状态并指出错误源, 这可以通过编制内部测试或循环测试来实现。

参 考 文 献

- [1] 李恒劭等. 战场信息系统. 北京: 国防工业出版社, 2003.1
- [2] 童志鹏等. 综合电子信息系统. 北京: 国防工业出版社, 1999.10
- [3] 熊焕宇, 李德毅. 全球信息栅格的发展和体系结构分析. 全国开放式分布与并行计算会议, 2003.10
- [4] 竺南直, 朱德成. 指挥自动化系统工程. 北京: 电子工业出版社, 2001.1
- [5] 封锦昌, 通信指挥管理自动化系统技术. 北京: 国防工业出版社, 2005.7
- [6] 马林艺等. 软件工程. 北京: 机械工业出版社, 2006.1
- [7] 谭海涛等. 信息化条件下数据链组织运用模式研究. “军事通信与信息网络技术发展研讨会”论文集, 2007.7
- [8] 莫世禹等. 军事通信网络管理系统. 军队信息化理论创新与技术发展. 北京: 电子工业出版社, 2007.12
- [9] 谷岩峰等. 战场电磁频谱实时管理问题研究. 探测与定位, 2007.2
- [10] 周华为等. WEB 服务及其在军事信息系统集成中的应用. “军事通信与信息网络技术发展研讨会”论文集, 2007.7
- [11] 谷红志, 张学庆. 基于空间信息的网络瞄准技术. 无线电工程, 2007.7
- [12] 贾哲等. 军事短波通信技术的发展及启示. 军事电子信息系统学术会议论文集, 2006
- [13] 益晓新等. 超短波 OFDM-CPM 高速数据电台研究. 军事电子信息系统学术会议论文集, 2006
- [14] 金红军. 机动作战指挥部山区通信技术应用研究. 军事电子信息系统学术会议论文集, 2006

- [15] 鲍刚. 面向对象的软件测试技术. “军事通信与信息网络技术发展研讨会”论文集, 2007.7
- [16] 高景伟等. 网络规划决策支持系统技术研究. “军事通信与信息网络技术发展研讨会”论文集, 2007.7
- [17] 王煜. 美国未来作战系统. 现代信息, 2007.3
- [18] 杜克宝等. 卫星通信系统在陆军航空兵的应用探讨. 军事电子信息系统学术会议论文集, 2006
- [19] 王海涛等. 网络中心战体系结构和实施策略. “国防信息化”, 2007.1
- [20] 蒋盘林. 美航母战斗群通信. “军事通信与信息网络技术发展研讨会”论文集, 2007.7
- [21] 熊焕宇等. 发展信息栅格推动军事信息系统建设. “军事通信与信息网络技术发展研讨会”论文集, 2007.7
- [22] 封锦昌. 合成集团军发展型野战电子系统. 石家庄第四航空学院印刷厂, 1990
- [23] 王珊. 数据仓库技术与联机分析处理[M]. 北京, 科学出版社, 1998
- [24] 施宏, 郝英川. 线形光纤传输宽带射频信号技术及实现[J]. 无线电工程, 2007.4
- [25] 员建厦. 基于数据仓库的信息处理系统及关键技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2006
- [26] 崔灿. 战术数据通信网络管理研究. 军事电子信息系统学术会议论文集, 2006
- [27] 刘进军等. 全球信息栅格. “国防信科技”, 2007.9
- [28] 陈勇等. SCA 规范对我军战术通信系统发展的影响. 军事电子信息系统学术会议论文集, 2006
- [29] 励海建等. 海上通信对抗系统干扰效能评估. “军事通信与信息网络技术发展研讨会”论文集, 2007.7

- [30] 李建平. 陆军空间信息作战力量的建设与作用. “国防信息化”, 2007.4
- [31] 戴剑伟等. 军事资源共享服务体系建设研究. 军队信息化理论创新与技术发展. 北京: 电子工业出版社, 2007.12
- [32] 邱伟. 空间信息栅格与全球信息栅格的区别. “国防信息化”, 2007.1
- [33] 任得宝等. 无线光通信的发展及其在军事通信领域的应用. 军事电子信息系统学术会议论文集, 2006
- [34] 唐朝京等. 信息化战场复杂电磁环境分析. “国防信科技”, 2007.8
- [35] 谷岩峰等. 战场电磁频谱实时管理问题研究. “探测与定位”, 2007.2
- [36] 王彗斌等. 信息系统集成与融合技术及其应用. 北京: 国防工业出版社, 2006.4
- [37] 黄玉兰. 信息网络对抗系统效能评估研究. 无线电工程, 2007年2期
- [38] 胡世功等. 国外陆军战术 C3I 手册. 兵器工业出版社, 1990.10
- [39] 李兴生等. 数据挖掘技术在军队信息化建设中的应用. 军队信息化理论创新与技术发展. 北京: 电子工业出版社, 2007.12
- [40] 谈学超等. 野战通信与指控系统装车集成设计技术研究. 军队信息化理论创新与技术发展. 北京: 电子工业出版社, 2007.12
- [41] 罗强一等. 多数据链操作规程研究. 军队信息化理论创新与技术发展. 北京: 电子工业出版社, 2007.12
- [42] 王金龙等. 军用认知无线电. 军事电子信息系统学术会议论文集, 2006
- [43] 李德毅. 不确定性人工智能. 北京: 电子工业出版社, 2005
- [44] 周巍等. 基于灰色模糊物元的装备保障效能综和评估方法. 军队信息化理论创新与技术发展. 北京: 电子工业出版社, 2007.12

-
- [45] 韦涛等. 基于 AHP 和灰色理论的战术通信网系统效能评估方法. 军队信息化理论创新与技术发展. 北京: 电子工业出版社, 2007.12
- [46] 郭道省等. 美军卫星通信现状、发展趋势及对我军卫星通信发展的启示. 军队信息化理论创新与技术发展. 北京: 电子工业出版社, 2007 年
- [47] 马骥桥等. 战术 C³I 系统体系结构研究. 军队指挥自动化, 2000.3
- [48] 胡昌寿. 可靠性工程——设计、试验、分析、管理. 宇航出版社, 1989
- [49] 姜明远等. 美俄军队信息化建设基本策略刍议. 军队信息化理论创新与技术发展, 电子工业出版社, 2007.12
- [50] 陆国权等. 美军综合电子信息系统共性基础设施发展研究. 2008
- [51] JointMethodologytoAssessC4ISRArchitectures (sep2002), <http://www.jmaca.jte.osed.mil/index.html>

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036